



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΙ ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΗ
ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ (ΒΙ.ΠΕ) ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΒΛΑΧΑΚΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ
ΒΕΛΕΓΡΑΚΗ ΔΕΣΠΟΙΝΑ**

ΧΑΝΙΑ 2014

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΒΛΑΧΑΚΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ
ΒΕΛΕΓΡΑΚΗ ΔΕΣΠΟΙΝΑ**

Επιβλέπουσα: Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη

**Επιτροπή Αξιολόγησης: Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη
Σταυρουλάκης Γεώργιος
Κατσίβελα Ελευθερία**

Ημερομηνία παρουσίασης:

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας: 61

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Πρόλογος – Ευχαριστίες.....	5
1.Ρύπανση του περιβάλλοντος.....	7
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	7
1.3 Έδαφος.....	8
1.3.1 Γενικά.....	8
1.3.2 Δημιουργία εδάφους.....	8
1.3.3 Φυσικές ιδιότητες.....	9
1.3.4 Σύσταση του εδάφους.....	9
1.4 Ρύπανση του εδάφους.....	9
1.4.1 Γενικά.....	9
1.4.2 Οι κυριότερες αιτίες ρύπανσης των εδαφών.....	10
1.5 Νερό.....	10
1.6 Βαρεα μέταλλα.....	11
1.6.1 Εισαγωγή.....	11
1.6.2 Προέλευση των βαρέων μετάλλων.....	12
1.6.3 Βιοσυσσώρευση.....	13
1.6.4 Βιομεταφορά.....	14
1.6.5 Το φαινόμενο της συνέργειας.....	14
1.6.6 Βαρέα μέταλλα στα βιομηχανικά απόβλητα.....	14
1.7 Κάδμιο.....	15
1.7.1 Γενικά.....	15
1.7.2 Χρήσεις.....	15
1.7.3 Εφαρμογές.....	15
1.7.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του καδμίου.....	15
1.7.5 Το κάδμιο στο έδαφος.....	16
1.7.6 Πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος από κάδμιο.....	16
1.7.7 Βιοσυσσώρευση Καδμίου και συγκεντρώσεις σε οργανισμούς.....	16
1.7.8 Επιπτώσεις στην υγεία.....	17
1.8 Χαλκός.....	18
1.8.1 Γενικά.....	18
1.8.2 Χρήσεις.....	18
1.8.3 Πηγές ρύπανσης από χαλκό.....	18
1.8.4 Επιπτώσεις στην υγεία.....	18
1.9 Νικέλιο.....	19
1.9.1 Γενικά.....	19
1.9.2 Χρήσεις.....	19
1.9.3 Πηγές ρύπανσης από νικέλιο.....	19
1.9.4 Επιπτώσεις στην υγεία.....	19
1.10 Ψευδάργυρος.....	19
1.10.1 Γενικά.....	19
1.10.2 Χρήσεις.....	20
1.10.3 Πηγές ψευδάργυρου.....	20
1.10.4 Επιπτώσεις στην υγεία.....	20
1.11 Μόλυβδος.....	20
1.11.1 Γενικά.....	20
1.11.2 Χρήσεις.....	20
1.11.3 Εφαρμογές.....	20
1.11.4 Πηγές ρύπανσης από Μόλυβδο.....	21
1.11.5 Μόλυβδος στο περιβάλλον.....	21

1.11.6 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του μολύβδου	21
1.11.7 Πηγές ρύπανσης του εδάφους με μόλυβδο και χημική συμπεριφορά του μολύβδου στο έδαφος.....	22
1.11.8 Τοξικότητα μόλυβδου.....	23
1.11.8.1 Γενικά.....	23
1.11.9 Βιοδιαθεσιμότητα του Μόλυβδου.....	23
1.11.10 Επιπτώσεις στην υγεία.....	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2 Σύντομη περιγραφή της περιοχής.....	25
2.1 Γενικά.....	25
2.2 Περιγραφή της γεωλογίας του Ηρακλείου.....	26
2.3 Ειδικά για την περιοχή μελέτης.....	26
2.4 Το κλίμα της Κρήτης	27
2.4.1 Κατακρημνίσεις	28
2.4.2 Άνεμοι.....	28
2.5 Γεωμορφολογία	28
2.6 Υδρογεωλογία της περιοχής.....	29
2.7 Οικοσύστημα – Χλωρίδα – Πανίδα – Φυτοκάλυψη.....	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Υλικά και μέθοδοι εργασίας	33
3.2 Η δειγματοληψία εδαφικών δειγμάτων	33
3.3 Εργαστηριακές αναλύσεις	33
3.3.1 Μηχανική ανάλυση του εδάφους-Μέθοδος Βουγιούκου	33
3.3.2 Μεθοδολογία ανάλυσης	34
3.4 Ηλεκτρική αγωγιμότητα	36
3.4.1 Μέθοδος ανάλυσης	36
3.5 Προσδιορισμός pH 1:1	36
3.6 Οργανική Ουσία	37
3.6.1 Μέθοδος ανάλυσης – Μέθοδος Walkley-Black	37
3.7 Ελεύθερο Ανθρακικό Ασβέστιο	38
3.7.1 Μέθοδος του Ασβεστόμετρου- Μέθοδος Bernard.....	39
3.8 Προσδιορισμός του αφομοιώσιμου φωσφόρου του εδάφους.....	40
3.8.1 Μέθοδος Olsen.....	40
3.9 Ανταλλάξιμα Κατιόντα.....	42
3.9.1 Μέθοδος Οξικού Αμμωνίου.....	42
3.10 Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων I.A.K	45
3.10.1 Μέθοδος προσδιορισμού της I.A.K.....	46
3.11 Προσδιορισμός αφομοιώσιμων μορφών Βαρέων Μετάλλων με DTPA.....	47
3.12 Προσδιορισμός ολικών μορφών Βαρέων Μετάλλων	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Μηχανική Ανάλυση	49
4.2 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα.....	50
4.3 pH 1:1.....	51
4.4 Ελεύθερο Ανθρακικό Ασβέστιο.....	52
4.5 Αφομοιώσιμος φώσφορος.....	53
4.6 Οργανική ουσία.....	54
4.7 Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων.....	55
4.8 Ανταλλάξιμα κατιόντα.....	56

4.8.1 Ανταλλάξιμο Νάτριο.....	56
4.9 Ανταλλάξιμο Κάλιο.....	57
4.10 Ανταλλάξιμο Ασβέστιο.....	58
4.11 Ανταλλάξιμο Μαγνήσιο.....	59
4.12 Ολικές μορφές βαρέων μετάλλων στο έδαφος.....	60
4.13 Αφομοιώσιμες μορφές βαρέων μετάλλων.....	67
4.14 Σύγκριση των ολικών και αφομοιώσιμων μορφών βαρέων μετάλλων των επιφανειακών εδαφών της ΒΙΠΕ Ηρακλείου με άλλες βιομηχανικές περιοχές της Ελλάδας.....	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	78
-------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79
-------------------	----

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στα πλαίσια των πτυχιακών σπουδών μας στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης και πιο συγκεκριμένα στο Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος στον Τομέα Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας μας ανατέθηκε από την καθηγήτρια κ. Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη (MSc), η εκπόνηση πτυχιακής εργασίας με θέμα: «ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΙ ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ (ΒΙ.ΠΕ) ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ», το 2007 και παρουσιάστηκε σε επιστημονικό συνέδριο με τίτλο “«*LEVELS OF HEAVY METALS AND BIOAVAILABILITY IN SOILS FROM THE INDUSTRIAL AREA OF HERAKLION- CRETE, GREECE*» Papafilippaki A., Velegraki D., Vlachaki C. and Stavroulakis G. Laboratory of Water & Soil Resources Quality Control, Technological Educational Institute of Crete, 73133 Chania, Greece.”.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την επιβλέπουσα της εργασίας μας κ. Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη (MSc) κυρίως για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας παρείχε στην επίλυση διάφορων θεμάτων καθόλη την διάρκεια της βιβλιογραφικής έρευνας και των πειραμάτων στο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών και Εδαφικών Πόρων.

Θα θέλαμε επίσης να απευθύνουμε τις ευχαριστίες μας στους γονείς μας, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μας με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μας.

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΛΤΙΑ

LEVELS OF HEAVY METALS AND BIOAVAILABILITY IN SOILS FROM THE INDUSTRIAL AREA OF HERAKLION- CRETE, GREECE.

ABSTRACT

This study investigated the heavy metal contamination in topsoils from the industrial area of Heraklion-Crete, Greece. The total and bioavailable forms of Cu, Zn, Pb, Cd and Ni were determined after their extraction with boiling Aqua Regia and DTPA respectively. Total concentration data according to Dutch classification scheme (environmental guideline for metal pollution in soils) indicated that the soils can be considered uncontaminated of Cu, Zn and Pb, and medium polluted of Cd and Ni. The bioavailable concentrations of the studied metals were low maybe due to basic soil pH and to high content of free calcium carbonate. The relative bioavailability followed the order of $Cu > Zn \approx Pb > Cd > Ni$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Ρύπανση του περιβάλλοντος

1.1. Γενικά

Φυσικό περιβάλλον είναι η φύση γύρω μας η γη, το έδαφος και το υπέδαφος, ο αέρας, το νερό, η θάλασσα, τα ποτάμια, οι λίμνες και γενικά ο χώρος μέσα στον οποίο ζει και κινείται ο άνθρωπος.

Με τον όρο "ρύπανση του περιβάλλοντος" εννοούμε την ρύπανση του φυσικού περιβάλλοντος από τη βιομηχανική δραστηριότητα, τα δημοτικά και οικιακά λύματα. Τα τελευταία χρόνια έχει πάρει επικίνδυνες και πολλές φορές καταστροφικές διαστάσεις για τη γήινη βιόσφαιρα.

Διακρίνεται σε αστική και βιομηχανική, σε ρύπανση της ατμόσφαιρας νερού και εδάφους και τείνει να καταστρέψει την πανίδα και τη χλωρίδα της γης, τις θεμελιώδεις δηλαδή προϋποθέσεις για την ύπαρξη της ζωής στον πλανήτη αυτόν που ζούμε. (<http://13gym-perist.att.>)

1.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει οριστεί με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Κατά μια έννοια είναι η προσθήκη κάθε υλικού (μοριακής ή σωματιδιακής φύσης) στην ατμόσφαιρα που μας περιβάλλει, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα τη δηλητηρίαση της ζωής (βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα) πάνω στον πλανήτη. Το ανώτατο δικαστήριο του New Jersey επικύρωσε ένα ορισμό για την ατμοσφαιρική ρύπανση που έχει ως εξής:

«Ρύπανση του αέρα είναι η προσθήκη ουσιών στην ατμόσφαιρα που υπο φυσιολογικές συνθήκες δεν θα υπήρχαν, σε τέτοιες ποσότητες και τέτοια διάρκεια ώστε να είναι, ή να τείνουν να γίνουν, επιβλαβείς στην ανθρώπινη υγεία ή ευημερία, στη πανίδα και στη χλωρίδα, ή θα μπορούσε αδικαιολόγητα να επέμβουν στην ανθρώπινη διασκέδαση και ιδιοκτησία...»

Ο άνθρωπος εισπνέει καθημερινά περίπου 15 m³ αέρα. Η αναπνοή αποτελεί τον κυριότερο τρόπο έκθεσης του σε επικίνδυνες ουσίες. Η φύση της έκθεσης σε ατμοσφαιρικούς ρύπους και το μέγεθος του πληθυσμού που εκτίθεται δημιουργεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την κατανόηση των διεργασιών που προκαλούν ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Η εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα οφείλεται:

- Σε φυσικές διεργασίες (βιολογικές δραστηριότητες, ηφαίστεια, πυρκαγιές, κ.α.)
- Σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανία, παραγωγή ενέργειας, θέρμανση, αυτοκίνητα, κ.α.)

Σε παγκόσμια κλίμακα, οι εκπομπές ορισμένων αέριων ρύπων από την ίδια τη φύση είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Επειδή όμως οι ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων συγκεντρώνονται στις αστικές και βιομηχανικές περιοχές, οι συγκεντρώσεις των ρύπων στις περιοχές αυτές είναι πολλές φορές μεγαλύτερες από τα επιτρεπτά όρια.

Ο όρος ατμοσφαιρική ρύπανση καλύπτει ευρύ φάσμα τοξικών αερίων ρύπων και αιωρούμενων σωματιδίων που εκπέμπονται στην τροπόσφαιρα του πλανήτη (0-15 km) , καθώς και την ποικιλία φωτοχημικών δευτερογενών ρύπων και άλλων ατμοσφαιρικών φαινομένων που είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών εκπομπών. Η στρατόσφαιρα (15-50 km) είναι η περιοχή όπου επικρατεί η αραιή στοιβάδα του όζοντος, με κύριο σκοπό την προστασία της ζωής στον πλανήτη μας από τις υπεριώδεις ακτινοβολίες της ηλιακής ακτινοβολίας.

Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης είναι:

- Τα καυσαέρια των οχημάτων
- Οι εκπομπές από εργοστάσια και βιοτεχνίες
- Τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας

- Οι κεντρικές θερμάνσεις των οικιών
- Η καύση απορριμμάτων και γεωργικών υπολειμμάτων
- Οι αέριες εκπομπές από τη γεωργία και τη κτηνοτροφία
- Οι φυσιολογικές εκπομπές φυτών και δένδρων

Οι κυριότεροι ρύποι είναι:

- Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- Το διοξείδιο του θείου (SO₂)
- Τα οξείδια του αζώτου (NO_x)
- Πτητικές οργανικές ουσίες
- Ποικιλία αιωρούμενων σωματιδίων από καυσαέρια, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οικοδομικές εργασίες, και ηφαιστειογενή δραστηριότητα
- Το όζον (O₃)

Η ύπαρξη, η συχνότητα και η ένταση επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μια αστική περιοχή εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους:

- Την ένταση και την χωρική και χρονική κατανομή των πηγών ρύπανσης,
- Την τοπογραφία της περιοχής
- Τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες (μέση ταχύτητα ανέμου, συχνότητα νηνεμίας, εμφάνιση θερμοκρασιακών αναστροφών κ.α.)

Σε μια αστική περιοχή, όπου συνήθως υπάρχει συγκέντρωση μεγάλου αριθμού δραστηριοτήτων, η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι δυνατόν να έχει διάφορα δυσμενή αποτελέσματα.

- Προβλήματα υγείας που σχετίζονται κυρίως με την εισπνοή αερίων και σωματιδίων,
 - Επιτάχυνση της φθοράς αρχαίων μνημείων και άλλων κτιρίων,
 - Υποβάθμιση υλικών,
 - Βλάβες στη χλωρίδα μέσα και γύρω από τις αστικές περιοχές.
- (Βαλαβανίδης, 2007)

1.3 Έδαφος

1.3.1. Γενικά

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνει ο Πολυζόπουλος (1976), έδαφος είναι το ανώτερο στρώμα του φλοιού της γης, από χαλαρά υλικά, το οποίο προήλθε από την αποσάθρωση πετρωμάτων και την περαιτέρω διαφοροποίηση του χαλαρού υλικού που προέκυψε από αυτή. Την αποσάθρωση και διαφοροποίηση προκάλεσαν μακροχρόνιες ατμοσφαιρικές και βιολογικές επιδράσεις, η σπουδαιότητα των οποίων επηρεάζεται σημαντικά από το τοπογραφικό ανάγλυφο και τη φύση του μητρικού πετρώματος.

Μπορεί να οριστεί απλούστερα σαν το μέσο στήριξης και θρέψης όλων των φυτών. Όμως, οι ιδιότητες ενός εδάφους καθορίζονται από την γενετική του ιστορία και τον τρόπο χρησιμοποιήσεως του από τον άνθρωπο. Όμως, είναι και η πηγή πρώτων υλών. Εύκολα, λοιπόν, μπορούμε να καταλάβουμε τη σημασία του στην ύπαρξη της ζωής, γενικά και του ανθρώπινου είδους, ειδικότερα, στη δημιουργία και εξέλιξη του πολιτισμού και στην διατήρηση του θαύματος που λέγεται Οικοσύστημα Γη.

Το επιφανειακό έδαφος είναι το επιφανειακό στρώμα του στερεού φλοιού της γης στο οποίο στηρίζονται και αναπτύσσονται τα φυτά (35-50cm). Το υπέδαφος φτάνει 1,5-2m, ως εκεί δηλαδή που προχωρούν οι ρίζες των φυτών και μπορεί να γίνει γεωργική εκμετάλλευσή του.

1.3.2. Δημιουργία εδάφους

Το έδαφος σχηματίζεται με φυσικό τρόπο από την αποσάθρωση των επιφανειακών πετρωμάτων της γης που συντελείται με την επίδραση ορισμένων παραγόντων όπως οι

συνεχείς μεταβολές της θερμοκρασίας, η βροχή, ο παγετός, ο άνεμος, οι μικροοργανισμοί, τα ανώτερα φυτά και οι ζωικοί οργανισμοί.

Για να σχηματισθεί ένα εκατοστό εδάφους απαιτούνται δεκάδες χρόνια.

Πέντε παράγοντες θεωρείται πως επηρεάζουν το σχηματισμό του εδάφους:

- Το μητρικό υλικό, το οποίο είναι σχετικά χαλαρό υλικό, το προερχόμενο από την αποσάθρωση των πετρωμάτων και από το οποίο με την επίδραση και των άλλων παραγόντων της εδαφογένεσης, σχηματίζεται το έδαφος.
- Το κλίμα, το οποίο επιδρά στη βλάστηση με τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις, αλλά και σε άλλους παράγοντες εδαφογένεσης
- Οι ζώντες οργανισμοί, δηλαδή φυτικοί οργανισμοί, μικροοργανισμοί, μεγάλοι οργανισμοί και άνθρωποι που χρησιμοποιούν τη γη για αγροτικές, δασικές, κτηνοτροφικές, οικιστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες
- Η τοπογραφία της περιοχής, δηλαδή η μορφή της επιφάνειας της γης και
- Ο χρόνος, δηλαδή η διάρκεια διαδικασίας σχηματισμού του εδάφους που είναι πολύ μεγάλη.

Οι διεργασίες μέσω των οποίων σχηματίζεται το έδαφος είναι φυσικές (από τη δράση νερού, ανέμου, θερμότητας, βαρύτητας), χημικές (ανταλλαγές χημικών στοιχείων στα συστατικά του εδάφους) και βιολογικές (αποικοδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων από οργανισμούς). Η πιο σημαντική βιολογική διαδικασία είναι η διάσπαση και χουμοποίηση, δηλαδή η αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων των ζώων και φυτών και των νεκρών μικροοργανισμών με τελικό προϊόν ένα υλικό πολύπλοκο, χωρίς ιδιαίτερη δομή που ονομάζεται χούμος (Μ.Σφακιαννάκη, Κ.Μαγαλίου, Ι.Μπότσαρης)

1.3.3. Φυσικές ιδιότητες

Μερικές βασικές ιδιότητες του εδάφους μεταξύ άλλων αναφέρονται παρακάτω:

- Σύσταση: η σύσταση του εδάφους διαμορφώνεται από την αναλογία των υλικών που το αποτελούν
- Υφή: το μέγεθος των ανόργανων υλικών καθορίζει την υφή του εδάφους.
- Πορώδες και ειδικό βάρος: το πορώδες καθορίζεται από τον όγκο που έχουν τα διάκενα του εδάφους. Το πραγματικό ειδικό βάρος (λόγος του βάρους ενός όγκου κόκκων εδάφους προς ίσο όγκο αποσταγμένου νερού στους 4 °C) είναι γύρω στα 2,5
- Υγροσκοπικότητα: η υγροσκοπικότητα του εδάφους αναφέρεται στην ικανότητα πρόσληψης και απόδοσης υγρασίας. Όταν όλα τα διάκενα του εδάφους είναι γεμάτα νερό η υγροσκοπικότητα του εδάφους φτάνει το μέγιστο.
- Ειδική θερμότητα: αφορά στην ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C. Η θερμοκρασία αυτή είναι ένας από τους συντελεστές της ανάπτυξης των φυτών και εξαρτάται από τα συστατικά του εδάφους, το χρώμα του, την υγρασία του κλπ. (Μ.Σφακιαννάκη, Κ.Μαγαλίου, Ι.Μπότσαρης)

1.3.4. Σύσταση του εδάφους

Το έδαφος αποτελείται κατά το μισό περίπου του όγκου του από στερεά συστατικά (ανόργανα και οργανικά) και κατά το άλλο μισό από αέρα και νερό.

1.4. Ρύπανση του εδάφους

1.4.1. Γενικά

Με τον όρο ρύπανση του εδάφους εννοείται οποιαδήποτε ανεπιθύμητη αλλαγή στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους, η οποία είναι ή μπορεί υπό προϋποθέσεις να γίνει, ζημιογόνος για τον άνθρωπο και τους υπόλοιπους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς.

Η ρύπανση του εδάφους προχωρεί πιο αργά από ότι αυτή του ατμοσφαιρικού αέρα ή των υδάτινων οικοσυστημάτων και για αυτό άργησε να εκτιμηθεί η σημασία της. (Μ.Σφακιαννάκη, Κ.Μαγαλίου, Ι.Μπότσαρης)

1.4.2. Οι κυριότερες αιτίες ρύπανσης των εδαφών

Το έδαφος, μαζί με τα υδάτινα συστήματα, είναι ο κυριότερος αποδέκτης της ανθρωπογενούς ρύπανσης. Οι βιομηχανικές, βιοτεχνικές και εμπορικές δραστηριότητες ρυπαίνουν σε μεγάλο βαθμό το έδαφος. Τα υγρά και στερεά απόβλητα αρχικά εναποτίθενται και επεξεργάζονται σε χερσαίες εγκαταστάσεις. Γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα, λιπάσματα και φυτοφάρμακα ρυπαίνουν καλλιεργημένες εκτάσεις. Ατυχήματα και διαρροές πετρελαίου, απόβλητα ορυχείων και λατομείων είναι μερικές άλλες αιτίες ρύπανσης εδαφών. Το έδαφος γίνεται αποδέκτης και των ατμοσφαιρικών ρύπων που κατακρημνίζονται με αργούς ρυθμούς ανάλογα με τις συνθήκες και τη γεωμορφολογία των περιοχών. Οργανικοί και ανόργανοι ρύποι στο νερό, απορροφούνται από το έδαφος και μεταφέρονται στα διάφορα εδαφικά περιβαλλοντικά διαμερίσματα με τη βροχή και στα υπόγεια νερά.

Ορισμένες από τις βασικές αιτίες ρύπανσης των εδαφών είναι:

- Τα λιπάσματα και φυτοφάρμακα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων
- Τα υγρά και στερεά απόβλητα των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων
- Τα υγρά και στερεά απόβλητα των χημικών βιομηχανιών
- Τα αστικά και νοσοκομειακά απόβλητα που διατίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής και αποτέφρωσης σε υψηλές θερμοκρασίες
- Η ρύπανση από την εκμετάλλευση του πετρελαίου, λιπαντικών υλών και ελαστικών τροχοφόρων
- Η ρύπανση από απόβλητα μεταλλευτικών και λατομικών επιχειρήσεων
- Η ρύπανση από βαρέα μέταλλα που προέρχονται από χημικές βιομηχανίες, καύση στερεών και υγρών ορυκτών καυσίμων και άλλες διεργασίες εμπλουτισμού ή καθαρισμού μεταλλευμάτων.

Το έδαφος δέχεται όλες αυτές τις τοξικές και επικίνδυνες χημικές ουσίες και παρασκευάσματα ή απόβλητα, τα οποία ανάλογα με τη γεωμορφολογία του εδάφους και άλλες εξωγενείς συνθήκες ρυπαίνουν τοπικά το έδαφος ή διασκορπίζονται σε άλλα περιβαλλοντικά διαμερίσματα (π.χ. υπόγεια νερά) ή εκπλύνονται στα διάφορα υδάτινα συστήματα.

Στην περίπτωση των λιπασμάτων (νιτρικό και θειικό αμμώνιο, φωσφορικά άλατα, άλατα καλίου) το έδαφος εμπλουτίζεται με θρεπτικά συστατικά για τα φυτά, αλλά δεν προσθέτουν τίποτα στην περίπτωση των χουμικών και των απαραίτητων εδαφικών ιχνοστοιχείων. Το αποτέλεσμα είναι η μείωση της οργανικής ουσίας, η πορώδης υφή του εδάφους αλλοιώνεται και η συγκράτηση του νερού στο έδαφος μειώνεται. Με τη μείωση του νερού αυξάνεται η απώλεια θρεπτικών συστατικών και μειώνεται η γονιμότητα του εδάφους. Η προσπάθεια των γεωργών να αυξήσουν την απόδοση (χωρίς τη σωστή διαχείριση του προβλήματος) οδηγεί στην αύξηση της τοξικότητας των νιτρικών και άλλων λιπασμάτων στο έδαφος και στα νερά.

Παρόμοια προβλήματα ρύπανσης δημιουργούν ορισμένα από τα φυτοφάρμακα στο έδαφος. Η συσσώρευση υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων σε γεωργικές εκτάσεις έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση τοξικών φαινομένων στους χερσαίους οργανισμούς, στους γαιοσκώληκες, τους νηματώδεις και τους μικροοργανισμούς, οι οποίοι με το χρόνο υποβαθμίζουν την υφή και την ποιότητα των εδαφών. Ιδιαίτερα προβλήματα προκαλούν τα φυτοφάρμακα που βιοαποικοδομούνται με αργούς ρυθμούς (μη βιοδιασπάσιμα) ή κατά τη διάσπασή τους παράγουν τοξικούς μεταβολίτες.

Τα βαρέα μέταλλα είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας ρύπανσης των εδαφών. Αν και οι χαμηλές συγκεντρώσεις μετάλλων μπορούν να γίνουν αποδεκτές από ορισμένα φυτά χωρίς να προκαλούν τοξικές βλάβες, οι υψηλές συγκεντρώσεις έχουν αρνητικές επιδράσεις στην ενζυμική λειτουργία σε χερσαία ζώα και τους γαιοσκώληκες, νηματώδης και μικροοργανισμοί των εδαφών.

1.5 Νερό

Το νερό είναι πολύ σημαντικό στοιχείο για τη ζωή, είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες αποσάθρωσης πετρωμάτων και σχηματισμού ιζημάτων.

Ιδιότητες νερού. Το νερό βράζει στους 100°C και πήζει στους 0°C εφόσον είναι χημικώς καθαρό. Στη φύση βρίσκεται σε τρεις μορφές, υγρή, στερεά, και αέρια, ενώ στην υγρή φάση το νερό έχει μεγάλο ιξώδες. Οι οργανισμοί προκειμένου να προσαρμοσθούν στο αυξημένο ιξώδες έχουν όλοι ατρακτοειδές σχήμα και μπορούν και κινούνται εύκολα μέσα στο νερό, και φυσικά δεν χρειάζονται όργανα στήριξης όπως τα χερσαία ζώα. Η πυκνότητα του νερού μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία και η μεγαλύτερη πυκνότητα είναι στη θερμοκρασία των 3,94°C. Αυτό έχει μεγάλη σημασία, δηλαδή ότι ο ίδιος όγκος νερού έχει το μεγαλύτερο βάρος στους 3,94°C γιατί έχει σαν αποτέλεσμα να επιπλέουν οι πάγοι πάνω στο νερό και έτσι μπορούν και λιώνουν.

Επίσης οι χημικές ιδιότητες και ιδιαίτερα οι διαλυτικές είναι πολύ σημαντικές για το οικοσύστημα. Το νερό έχει την ικανότητα να διαλύει μεγάλη ποικιλία ουσιών. Πολλά χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις διαλύονται στο νερό και ορισμένες από αυτές μεταφέρονται με την επίγεια και υπόγεια κίνηση του νερού σε διάφορα σημεία της επιφάνειας της γης. Με παρόμοιο τρόπο οι θρεπτικές ουσίες διαλυμένες μέσα στο νερό διέρχονται τις ρίζες και διαχέονται σε ολόκληρο τον ιστό του φυτού. Δυστυχώς όμως με τη διάλυση αυτή μεταφέρονται και βλαβερές ουσίες (<http://utopia.duth.gr>).

Η ρύπανση των υδάτων δημιουργείται με την απελευθέρωση ουσιών σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσες οι οποίες είτε διαλύονται, είτε κατακάθονται στον πυθμένα. Οι ρύποι αυτοί είναι πάρα πολύ και αυτό γιατί στο υδάτινο ορίζοντα καταλήγουν και οι ρύποι από την ρύπανση της ατμόσφαιρας και του εδάφους μέσω των βροχών και της απορροής.

Με τον όρο ρύπανση του νερού εννοούμε την οποιαδήποτε ανεπιθύμητη αλλαγή στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού των θαλασσών, λιμνών ή ποταμών, η οποία είναι ή μπορεί υπό προϋποθέσεις να γίνει ζημιογόνος για τον άνθρωπο, τους υπόλοιπους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς αλλά και τις βιομηχανικές διαδικασίες και τις συνθήκες ζωής.

Με την απελευθέρωση στο νερό ενέργειας υπό την μορφή θερμότητας ή ραδιενέργειας δημιουργείται η θερμική ρύπανση των υδάτων η οποία προκαλεί άνοδο στην θερμοκρασία του νερού. Ρύπανση των υδάτων είναι δυνατόν να δημιουργηθεί από μικροοργανισμούς των οικιακών αποβλήτων, από οργανικές ουσίες όπως το πετρέλαιο και τα προϊόντα του και από τοξικά μέταλλα.

Η βιομηχανική ανάπτυξη άρχισε με όλο και μεγαλύτερη απαίτηση για ενέργεια, πηγή της οποίας υπήρξε και το νερό. Βιομηχανικές διεργασίες, όπως η ψύξη και η πλύση, απαιτούσαν συνεχώς μεγαλύτερες ποσότητες νερού, ενώ ο αυξανόμενος πληθυσμός, ιδιαίτερα στις μεγάλες πόλεις, χρειαζόταν άφθονο, καθαρό και υγιεινό νερό. Η βιομηχανική χρήση του νερού για ψύξη καταλήγει στη θερμική ρύπανση του νερού. Κατά τη θερμική ρύπανση, μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό, αυξάνεται η τοξικότητα των χημικών ρυπαντών, επιταχύνεται ο ρυθμός των φυσιολογικών λειτουργιών στους οργανισμούς και συχνά καταλήγουν στο θάνατο.

Τοξικές χημικές ουσίες για τα υδάτινα οικοσυστήματα είναι τα βαρέα μέταλλα, δηλαδή ο σίδηρος (Fe), το χρώμιο (Cr), ο μόλυβδος (Pb), ο υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd), ο ψευδάργυρος (Zn), το μαγγάνιο (Mn), ο χαλκός (Cu), το νικέλιο (Ni), το αρσενικό (As) κ.ά. Ακόμη, φυτοφάρμακα, παρασιτοκτόνα, ζιζανιοκτόνα και οξέα πάνω από ένα όριο, προκαλούν δηλητηριάσεις, ανασχεση της ανάπτυξης και της φωτοσύνθεσης, εκλεκτική συσσώρευση και απορρόφηση σε ορισμένα είδη.

Ρυπάνσεις από παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα προέρχονται από τα απόβρατα των βιομηχανιών παραγωγής τους, από υφαντουργεία, από Βιομηχανίες επεξεργασίας τροφών και από γεωργικές χρήσεις (<http://www.maknea.gr>).

1.6 Βαρέα μέταλλα

1.6.1 Εισαγωγή

Ο όρος βαρέα μέταλλα αναφέρεται σε οποιοδήποτε μεταλλικό χημικό στοιχείο που έχει μια σχετικά υψηλή πυκνότητα και είναι τοξικό ή δηλητηριώδες σε χαμηλές

συγκεντρώσεις. Παραδείγματα των βαρέων μετάλλων είναι: υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd), αρσενικό (As), χρώμιο (Cr), και ο μόλυβδος (Pb).

Τα βαρέα μέταλλα είναι φυσικά συστατικά του φλοιού της γης. Δεν μπορούν να διασπαστούν σε απλούστερες μορφές ή να καταστραφούν. Έχουν ατομικό βάρος συνήθως μεγαλύτερο του 20 και πυκνότητα μεγαλύτερη από 5g/cm³. Σε μικρή έκταση εισάγονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω των τροφίμων, του πόσιμου νερού και του αέρα. Σαν ιχνοστοιχεία, μερικά βαρέα μέταλλα (π.χ. χαλκός, σελήνιο, ψευδάργυρος) είναι απαραίτητα για να διατηρηθεί ο μεταβολισμός του ανθρώπινου σώματος. Εντούτοις, σε υψηλότερες συγκεντρώσεις μπορούν να είναι τοξικά. Δηλητηρίαση από τα βαρέα μέταλλα μπορεί να προκύψει, παραδείγματος χάριν, από τη ρύπανση του πόσιμου νερού (π.χ. σωλήνες μόλυβδου), υψηλές συγκεντρώσεις στο περιβάλλοντα αέρα κοντά σε πηγές εκπομπής ή εισαγωγή μέσω της τροφικής αλυσίδας (<http://www.lennotech.com/heavy-metals.htm>).

Οι πιο επικίνδυνες καταστροφές από βαρέα μέταλλα:

1932
Minamata
Λύματα που περιείχαν υδράργυρο απελευθερώθηκαν από την εταιρία Chisso, μια επιχείρηση υδροηλεκτρικής δύναμης που παρήγαγε χημικά λιπάσματα, στην Minamata παραλία της Ιαπωνίας. Ο υδράργυρος συσσωρεύτηκε τελικά στα πλάσματα της θάλασσας και οδήγησε σε δηλητηρίαση από υδράργυρο, τον πληθυσμό.
1952
Το σύνδρομο της Minamata
Το 1952, τα πρώτα κρούσματα από δηλητηρίαση με υδράργυρο εμφανίστηκαν σε πληθυσμό της Ιαπωνίας στον κόλπο της Minamata, όπου προκλήθηκε από κατανάλωση μολυσμένων με υδράργυρο ψαριών, προκαλώντας πάνω από 500 θανάτους. Από τότε, η Ιαπωνία έχει τις πιο αυστηρές περιβαλλοντικές νομοθεσίες στον βιομηχανοποιημένο κόσμο.
01/11/1986
Sandoz
Η πυρκαγιά που ξέσπασε στο φαρμακευτικό εργαστήριο Sandoz στην Ελβετία οδήγησε στην απελευθέρωση μεγάλων ποσοστών υδραργύρου στον Ρήνο. Αυτή η έκθεση οδήγησε πολλά ψάρια στον θάνατο.
1998-04
Ισπανικό καταφύγιο μολύνεται μετά από οικολογική καταστροφή
Τοξικές χημικές ουσίες μολύνουν το νερό από έκρηξη σε φράγμα ορυχείου στο Coto de Donana στη νότια Ισπανία. Η λάσπη που έρεε κάτω από το Rio Guadimar περιείχε θείο, μόλυβδο, χαλκό, ψευδάργυρο και κάδμιο. Οι ειδικοί εκτιμούν πως και η γεωργία και η αλιεία της Ισπανίας, θα υποστούν μόνιμη βλάβη από τη ρύπανση.

1.6.2. Προέλευση των βαρέων μετάλλων

Τα βαρέα μέταλλα σχετίζονται με πλήθος ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η χρήση τους στην χημική βιομηχανία είναι ο κανόνας: βιομηχανίες παραγωγής χρωμάτων, φωτογραφικών υλικών, ηλεκτρονικού υλικού, παρασιτοκτόνων, συσσωρευτών, πυρομαχικών, μεταλλουργία κλπ χρησιμοποιούν σε διάφορες ποσότητες ενώσεις που περιέχουν βαρέα μέταλλα είτε σαν πρώτη ύλη είτε σαν καταλύτες. Πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιούν χάλκινους σωλήνες για την ψύξη των μηχανημάτων τους και λόγω της διάβρωσης σημαντικές ποσότητες χαλκού οδηγούνται στη θάλασσα κατά την έξοδο του νερού από το σύστημα ψύξης.

Τα αστικά λύματα περιέχουν επίσης κάποιες ποσότητες βαρέων μετάλλων που προέρχονται από την κατανάλωση διαφόρων βιομηχανικών προϊόντων που περιέχουν ενώσεις βαρέων μετάλλων, από την χρήση ορισμένων τύπων απορρυπαντικών κλπ. Η καύση απορριμμάτων είναι ένας ακόμη παράγοντας εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας σε σωματίδια που περιέχουν ενώσεις βαρέων μετάλλων και στη συνέχεια καταλήγουν με τα νερά της βροχής στη θάλασσα. Ένα μέρος των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων που βρίσκονται στη θάλασσα οφείλεται και σε φυσικές πηγές. Κυρίως πρόκειται για διάβρωση πετρωμάτων που είναι πλούσια σε ορυκτά που περιέχουν βαρέα μέταλλα.

(http://www.aqualex.org/elearning/marine_environment/greek/chap5/categories.html)

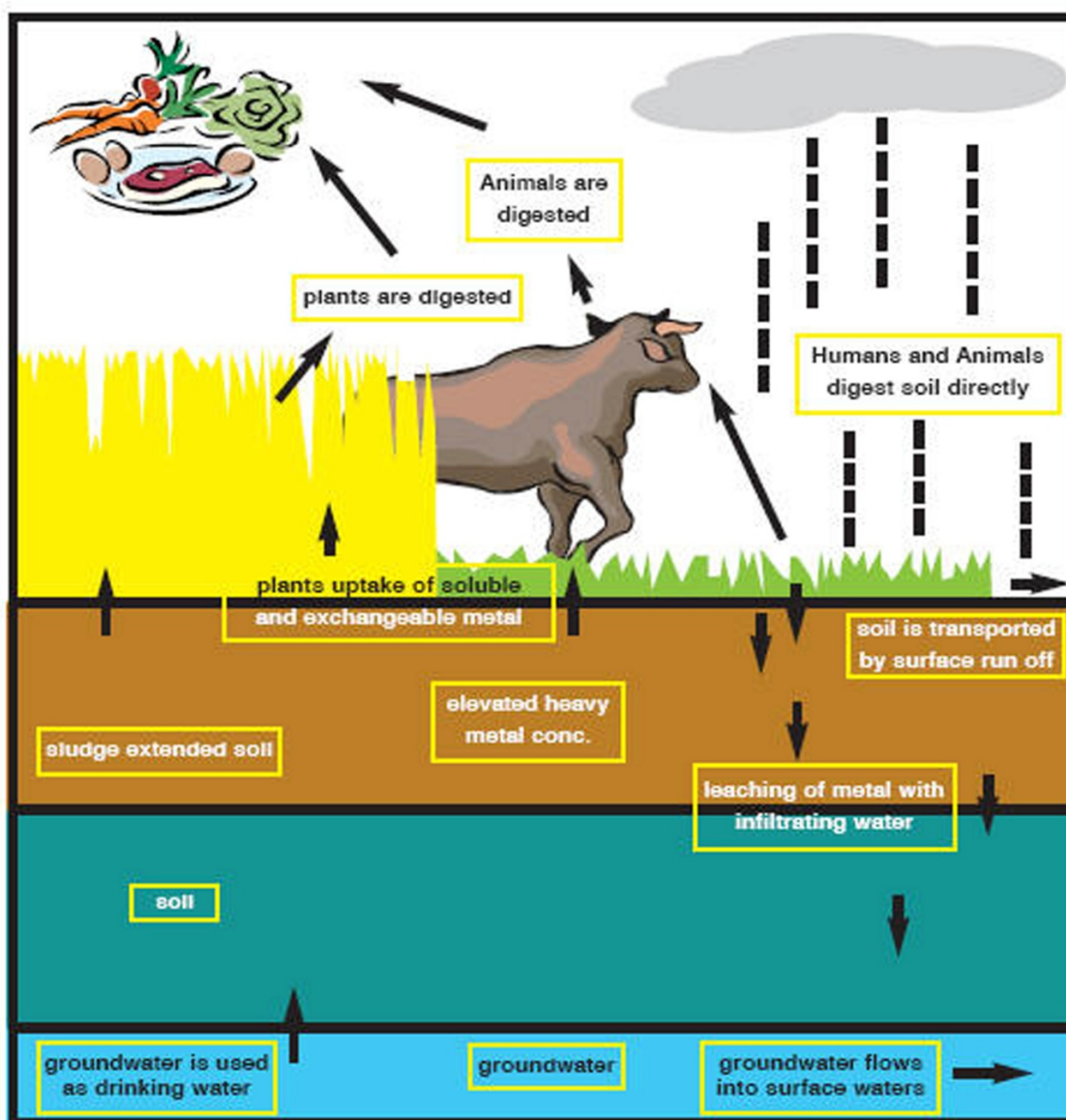
1.6.3. Βιοσυσσώρευση

Τα βαρέα μέταλλα είναι επικίνδυνα επειδή τείνουν να βιοσυσσωρεύονται. Βιοσυσσώρευση σημαίνει αύξηση στη συγκέντρωση μιας χημικής ουσίας σε ένα βιολογικό οργανισμό με την πάροδο του χρόνου. Οι ενώσεις (ρύποι) συσσωρεύονται στα έμβια όντα οποτεδήποτε λαμβάνονται, και αποθηκεύονται γρηγορότερα από ότι διασπώνται ή εκκρίνονται. Οι ρύποι εισέρχονται στον οργανισμό των ζώων και φυτών με την αναπνοή και τη διατροφή και κατακρατούνται στους ιστούς.

Η βιοσυσσώρευση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Περιβαλλοντικούς: το είδος και η συγκέντρωση του ρύπου, ο χρόνος έκθεσης, κλπ.
- Βιολογικούς: είδος, ηλικία, φύλο, ιστός/όργανο, βιολογικός κύκλος.

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να παρατηρήσουμε τον τρόπο με τον οποίο τα αρέα μέταλλα, απο το πρώτο στάδιο της ρύπανσης καταλήγουν στο ανθρώπινο σώμα μέσω της τροφής.



Εικόνα 1.1 Βαρέα μέταλλα διαδικασία προσρόφησης.

1.6.4 Βιομεταφορά

Οι βιοσυσσωρευμένοι ρύποι δεν εξαφανίζονται με τον θάνατο του οργανισμού, αλλά μεταφέρονται διαμέσου της τροφικής αλυσίδας. Με αυτόν τον τρόπο ένας ρύπος μπορεί διαδοχικά να μεταφερθεί χρονικά και γεωγραφικά μακριά από το σημείο απόρριψής του.

1.6.5. Το φαινόμενο της συνέργειας

Όταν σε έναν οργανισμό σχηματιστούν συγχρόνως δύο ή περισσότερες τοξικές ενώσεις τότε η δράση τους είναι συνεργατική με αποτέλεσμα η τιμή της τοξικότητας να αυξάνεται σε σύγκριση με την δράση του μετάλλου. Η σειρά τοξικότητας είναι: $Hg^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+} > As^{3+} > Cr^{3+} > Sn^{2+} > Fe^{3+} > Mn^{2+}$

Π.χ. η τοξικότητα του καδμίου στον οργανισμό εξαρτάται από τις αντίστοιχες ποσότητες ψευδαργύρου. Συχνά η τοξική δράση των μετάλλων αυξάνεται λόγω συνεργισμού στη περίπτωση ταυτόχρονης έκθεσης σε πολλά βαρέα μέταλλα (Μαμαής, 1998).

1.6.6. Βαρέα μέταλλα στα βιομηχανικά απόβλητα

Μια από τις κύριες αιτίες της βιομηχανικής ρύπανσης είναι τα απόβλητα αποχέτευσης που περιέχουν βαρέα μέταλλα. Εκτός από τις επιπτώσεις στην υγεία, τα βαρέα μέταλλα είναι μη ανανεώσιμοι πόροι. Επομένως, η αποτελεσματική αποκατάσταση των βαρέων μετάλλων είναι τόσο σημαντική όσο και η αφαίρεση τους από τα βιομηχανικά απόβλητα. Η διάθεση του βιομηχανικού απόβλητου ύδατος είναι πάντα ένα σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα. Οι ρύποι στα βιομηχανικά απόβλητα είναι σχεδόν αμετάβλητοι, τόσο τοξικοί που τα βιομηχανικά απόβλητα πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν από την επαναχρησιμοποίηση ή τη διάθεση του στους υδάτινους αποδέκτες. Οι βιομηχανικές διαδικασίες παράγουν υγρά απόβλητα που περιέχουν ποσότητες βαρέων μετάλλων. Δεδομένου ότι τα περισσότερα από τα βαρέα μέταλλα είναι μη-διασπάσιμα στα μη τοξικά τελικά προϊόντα, οι συγκεντρώσεις τους πρέπει να μειωθούν στα αποδεκτά επίπεδα πριν ελευθερωθούν στο περιβάλλον. Διαφορετικά αυτά θα μπορούσαν να αποτελέσουν απειλή για τη δημόσια υγεία ή και να έχουν επιπτώσεις στην αισθητική ποιότητα του πόσιμου ύδατος. Σε όλες τις αναπτυγμένες και σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες έχουν επιβληθεί μέγιστα επιτρεπόμενα όρια στις συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων που περιέχονται στα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Μεγάλη σημασία έχει αποδοθεί στην επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων δεδομένου ότι οι τοπικές και διεθνείς αρχές απαιτούν να αντιμετωπίζονται τα υγρά απόβλητα από τις βιομηχανίες για να ανταποκριθούν σε καθορισμένα πρότυπα προτού να ελευθερωθούν στους υδάτινους αποδέκτες. <http://www.aqualex.org/>

1.7 Κάδμιο

1.7.1. Γενικά

Το κάδμιο είναι ένα μαλακό, ελατό, ασημόλευκο μέταλλο, το οποίο μαζί με τον ψευδάργυρο και τον υδράργυρο ανήκει στην ομάδα IIb του περιοδικού συστήματος. Έχει ένα χαμηλό σημείο τήξης ($320,9^{\circ}C$) και σημείο βρασμού ($765^{\circ}C$) και μια σχετικά υψηλή πίεση ατμών. Στον αέρα το κάδμιο οξειδώνεται γρήγορα σε οξείδιο του καδμίου. Πολλές ανόργανες ενώσεις του καδμίου είναι σχετικά διαλυτές στο νερό. (WHO, 2000)

1.7.2. Χρήσεις

Το κάδμιο είναι ένα σχετικά σπάνιο στοιχείο ($0,2 \text{ mg/kg}$ στο φλοιό της γης) και δεν απαντάται σε καθαρή μορφή στη φύση. Εντοπίζεται, κυρίως σε μεταλλεύματα σουλφιδίων του ψευδαργύρου, του μολύβδου και του χαλκού. Το κάδμιο ξεκίνησε να παράγεται για εμπορικούς λόγους, μόλις τον 20^ο αιώνα. Μετά το 1987 η παραγωγή του κυμαίνεται κοντά στους 20.000 τόνους.

Το μοτίβο των χρήσεων του καδμίου έχει αλλάξει τα τελευταία χρόνια. Κατά το παρελθόν, το κάδμιο χρησιμοποιούνταν κυρίως ως χρωστική ουσία ή σταθεροποιητής πλαστικών. Στις μέρες μας, η παραγωγή μπαταριών νικελίου-καδμίου καταναλώνει το 55% του καδμίου και αναμένεται αύξηση του ποσοστού αυτού, καθώς παρατηρείται αντίστοιχη αύξηση στη χρήση επαναφορτιζόμενων μπαταριών, ενώ αναμένεται και μελλοντική χρήση

τους για ηλεκτρικά οχήματα. Από πολλές απόψεις, το κάδμιο αποτελεί ένα ζωτικό κομμάτι της σύγχρονης τεχνολογίας με αμέτρητες εφαρμογές στις βιομηχανίες της ηλεκτρονικής, των επικοινωνιών και της παραγωγής ενέργειας. (WHO, 2000)

1.7.3 Εφαρμογές

Περίπου τρία τέταρτα του καδμίου χρησιμοποιείται για μπαταρίες Ni-Cd, το μεγαλύτερο μέρος του εναπομένοντος ενός τέταρτου χρησιμοποιείται κυρίως για τις χρωστικές επιστρώσεις και επιμεταλλώσεις, και ως σταθεροποιητής για τα πλαστικά. Το Κάδμιο έχει χρησιμοποιηθεί ιδιαίτερα για γαλβανιζέ χάλυβα όπου ένα φιλμ καδμίου μόνο 0,05 mm σε πάχος, θα παρέχει πλήρη προστασία κατά της θάλασσας. Το κάδμιο έχει την ικανότητα να απορροφά νετρόνια, έτσι ώστε να χρησιμοποιείται ως φραγμός για τον έλεγχο της πυρηνικής σχάσης <http://www.lenntech.com/>

1.7.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του καδμίου

Το κάδμιο μπορεί κυρίως να βρεθεί στο φλοιό της γης από τα βιομηχανικά απόβλητα. Εμφανίζεται πάντα σε συνδυασμό με ψευδάργυρο. Το κάδμιο συναντάται επίσης στις βιομηχανίες ως ένα αναπόφευκτο υπο-προϊόν του ψευδαργύρου, του μολύβδου και επίσης χρησιμοποιείται και για εξαγωγή χαλκού. Εισέρχεται στο περιβάλλον, κυρίως μέσω του εδάφους, διότι βρίσκεται σε λιπάσματα και εντομοκτόνα

Φυσικά μία πολύ μεγάλη ποσότητα του καδμίου απελευθερώνεται στο περιβάλλον, περίπου 25.000 τόνων ετησίως. Περίπου το μισό από αυτό το κάδμιο απελευθερώνεται σε ποταμούς μέσω αποσάθρωσης των πετρωμάτων και κάποιο κάδμιο απελευθερώνεται στον αέρα μέσω δασικών πυρκαγιών και από ηφαίστεια. Το υπόλοιπο του καδμίου απελευθερώνεται από ανθρώπινες δραστηριότητες.

Ρεύματα αποβλήτων καδμίου μπορεί επίσης να εισάγετε στον αέρα μέσα από (νοικοκυριό) καύση αποβλήτων και την καύση των ορυκτών καυσίμων. Λόγω των κανονισμών μόνο λίγο κάδμιο εισέρχεται πλέον στο νερό μέσα από τη διάθεση των υγρών αποβλήτων από τα νοικοκυριά ή βιομηχανίες.

Κανένα μέταλλευμα καδμίου δεν εξορύσσεται για το μέταλλο επειδή μεγάλες ποσότητες μεταλλεύματος του καδμίου χρησιμοποιούνται ως παραπροϊόν της τήξης του ψευδαργύρου, στην οποία το κάδμιο είναι μια σημαντική πρόσμιξη που αποτελεί το 3%. Ως εκ τούτου οι κύριες πηγές εξόρυξης είναι αυτές που συνδέονται με τον ψευδάργυρο. Η παγκόσμια παραγωγή είναι περίπου 14.000 τόνους ανά έτος, η κύρια χώρα παραγωγής είναι ο Καναδάς, με τις ΗΠΑ, την Αυστραλία, το Μεξικό, την Ιαπωνία και το Περού, επίσης, είναι οι κυριότεροι προμηθευτές. <http://www.lenntech.com/>

1.7.5 Το κάδμιο στο έδαφος

Μια άλλη σημαντική πηγή εκπομπής καδμίου είναι η παραγωγή τεχνητών φωσφορικά λιπασμάτων. Μέρος του καδμίου καταλήγει στο έδαφος μετά το λίπασμα εφαρμόζεται στο καλλιεργήσιμο έδαφος και το υπόλοιπο του καδμίου καταλήγει στα επιφανειακά ύδατα, όταν απόβλητα από παραγωγές λιπασμάτων πετιούνται από εταιρείες παραγωγής.

Το κάδμιο μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις, όταν απορροφάται από ιλύ. Αυτή η πλούσια σε κάδμιο ιλύος μπορούν να μολύνουν τα επιφανειακά ύδατα, καθώς και τα εδάφη.

Κάδμιο απορροφά έντονα σε οργανική ύλη στο έδαφος. Όταν το κάδμιο είναι παρόν στο έδαφος μπορεί να είναι εξαιρετικά επικίνδυνο, καθώς η πρόσληψη μέσω των τροφίμων θα αυξηθεί. Τα εδάφη που είναι όξινα ενισχύουν την πρόσληψη καδμίου από τα φυτά. Αυτό είναι ένας ενδεχόμενος κίνδυνος για τα ζώα που εξαρτώνται από τα φυτά για την επιβίωση. Το κάδμιο μπορεί να συσσωρεύεται στο σώμα τους, ειδικά όταν τρώνε πολλά φυτά. Οι αγελάδες μπορούν να έχουν μεγάλες ποσότητες του καδμίου στα νεφρά τους και οφείλεται σε αυτόν τον λόγο.

Γεωσκώληκες και άλλων βασικών οργανισμών του εδάφους είναι εξαιρετικά επιρρεπής στην δηλητηρίαση από κάδμιο. Μπορούν να πεθάνουν σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις και αυτό έχει συνέπειες για τη δομή του εδάφους. Όταν οι συγκεντρώσεις καδμίου στα εδάφη είναι υψηλές μπορούν να επηρεάσουν τις διαδικασίες των

μικροοργανισμών του εδάφους και να αποτελέσει απειλή για όλο το οικοσύστημα του εδάφους.

Σε υδρόβια οικοσυστήματα το κάδμιο μπορεί να συσσωρεύεται σε μύδια, στρείδια, γαρίδες, αστακοί και τα ψάρια. Η ευαισθησία στο κάδμιο μπορεί να ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ τους υδρόβιους οργανισμούς. Οι αλάτι-νερό οργανισμούς που είναι γνωστό ότι είναι πιο ανθεκτικά στο κάδμιο δηλητηρίαση από οργανισμούς του γλυκού νερού.

Τα ζώα που τρώνε ή πίνουν το κάδμιο πάρει μερικές φορές υψηλή αρτηριακή πίεση-, ηπατική νόσο και νευρική ή εγκεφαλική βλάβη.

1.7.6 Πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος από κάδμιο

Το κάδμιο είναι ένα από τα πιο τοξικά και επικίνδυνα μέταλλα. Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος με κάδμιο είναι: τα αερολύματα των μεταλλουργιών και της καύσης των απορριμμάτων, τα απόβλητα των εργοστασίων επιμετάλλωσης και των βιομηχανιών παραγωγής φωσφορικών λιπασμάτων.

1.7.7 Βιοσυσσώρευση Καδμίου και συγκεντρώσεις σε οργανισμούς:

Το κάδμιο έχει την ικανότητα να βιοσυσσωρεύεται σε μικροοργανισμούς και σε ιστούς φυτών και ζώων. Στα υδρόβια μακρόφυτα, το κάδμιο παρουσιάζει συντελεστές βιοσυγκέντρωσης, περίπου, 50 φορές και στα ψάρια 100 φορές, σε σχέση με τις συγκεντρώσεις στα νερά.

Παρά το ότι το κάδμιο συσσωρεύεται στους οργανισμούς του γλυκού νερού δεν βιομεγενθύνεται στην τροφική αλυσίδα.

Το κάδμιο συμπλοκοποιείται με μεταλλοθειονίνες, πρωτεΐνες με υψηλό ποσοστά αμινοξέων που περιέχουν θείο (-S-), και με τον τρόπο αυτό παρεμποδίζεται η δράση του σε ενδοκυττάριας θέσεις-αποδέκτες. Στα ψάρια, το κάδμιο συσσωρεύεται κυρίως στο ήπαρ, τα βράγχια και τα νεφρά. Η συσσώρευση καδμίου σε μακρόφυτα ποικίλει ανάλογα με το είδος και τους ιστούς που εξετάζονται. Για παράδειγμα, στα νηματοειδή φύκια (*Cladophora glomerata*) έχουν μετρηθεί συγκεντρώσεις 1,4-3,9 $\mu\text{g/g}$ d.w.(dry weight). Το κάδμιο συσσωρεύεται κυρίως στις ρίζες των υδρόβιων μακροφύτων αντί στα φύλλα και τον κορμό. Συσσώρευση καδμίου σε υδρόβια ασπόνδυλα είναι επίσης συνάρτηση του είδους και των ιστών.

Συγκεντρώσεις που έχουν μετρηθεί σε κλαδοκεραιωτό ζωοπλαγκτον (cladoceran zooplankton) ήταν μεταξύ 3,8-7,3 $\mu\text{g/g}$ d.w., σε μαλάκια (mollusks) 1,0-51,3 $\mu\text{g/g}$ και σε αμφίποδα (*Hyaella azteca*) 0,13-56,6 $\mu\text{g/g}$. Συγκεντρώσεις καδμίου σε ψάρια γλυκού νερού (λίμνες) ήταν της τάξης των 0,04-0,4 $\mu\text{g/g}$. <http://www.lenntech.com/>

1.7.8 Επιπτώσεις στην υγεία

Το κάδμιο είναι ένα τοξικό μέταλλο που προσλαμβάνεται εύκολα από τα φυτά και διοχετεύεται μέσω της τροφικής αλυσίδας στα νεφρά και στο συκώτι του ανθρώπου με αποτέλεσμα να προξενεί σοβαρές βλάβες στην υγεία. Οι μακροχρόνιες επιπτώσεις από τις χαμηλές συγκεντρώσεις καδμίου στην ατμόσφαιρα, είναι δυνατόν να προξενήσουν χρόνιες παθήσεις στους πνεύμονες, στο συκώτι, στα νεφρά και στα οστά του ανθρώπου. Επιπλέον, το κάδμιο αυξάνει τον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου στον προστάτη και στους πνεύμονες (WHO, 2000). Το κάδμιο έχει την τάση αντικαθιστά τον ψευδάργυρο σε πολλά ένζυμα (Χριστούλας και συνεργάτες.1995). Η συσσώρευση καδμίου αυξάνει με την ηλικία, καθώς ο χρόνος ημιζωής στο ανθρώπινο σώμα κυμαίνεται από 20-30 χρόνια. Στις περιπτώσεις που τα άτομα έχουν έλλειψη ασβεστίου, οι δηλητηριάσεις από κάδμιο είναι πιο πιθανές, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για καπνιστές. (Οικονομόπουλος, 2001).

Στον άνθρωπο η πρόσληψη καδμίου πραγματοποιείται κυρίως από τα τρόφιμα. Τα τρόφιμα που είναι πλούσια σε κάδμιο μπορεί να αυξήσουν σημαντικά τις συγκεντρώσεις καδμίου στο ανθρώπινο σώμα. Παραδείγματα είναι το συκώτι, τα μανιτάρια, τα οστρακοειδή, τα μύδια, το κακάο σε σκόνη και τα αποξηραμένα φύκια.

Υψηλότερα επίπεδα καδμίου εμφανίζονται όταν οι άνθρωποι καπνίζουν. Ο καπνός του τσιγάρου μεταφέρει το κάδμιο στους πνεύμονες. Το αίμα θα το μεταφέρει στο υπόλοιπο

σώμα όπου μπορεί να αυξήσει τις επιδράσεις από το ήδη παρόν κάδμιο-που υπήρχε από τα τρόφιμα.

Άλλες υψηλές εκθέσεις μπορεί να συμβεί με τους ανθρώπους που ζουν κοντά σε χώρους επικίνδυνων αποβλήτων ή εργοστάσια που κάδμιο απελευθερώνονται στον αέρα και σε άνθρωποι που εργάζονται στον κλάδο των διυλιστηρίων. Όταν οι άνθρωποι αναπνέουν το κάδμιο μπορεί να βλάψει σοβαρά τους πνεύμονες. Αυτό μπορεί να προκαλέσει ακόμη και το θάνατο.

Το κάδμιο μεταφέρεται αρχικά στο ήπαρ μέσω του αίματος. Εκεί, σχηματίζεται δεσμός προς τις πρωτεΐνες για να σχηματίσουν σύμπλοκα τα οποία μεταφέρονται με τα νεφρά. Το κάδμιο συσσωρεύεται στα νεφρά, όπου βλάπτει τους μηχανισμούς φιλτραρίσματος. Αυτό προκαλεί την έκκριση των βασικών πρωτεϊνών και των σακχάρων από το σώμα και περαιτέρω βλάβη των νεφρών. Παίρνει ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα προτού το κάδμιο που έχει συσσωρευθεί στα νεφρά αποβληθεί από ένα ανθρώπινο σώμα.

Άλλες επιπτώσεις στην υγεία που μπορούν να προκληθούν από το κάδμιο είναι:

- Διάρροια, πόνοι στο στομάχι και έντονοι εμετοί
- Κάταγμα οστών
- Αναπαραγωγική αποτυχία και ενδεχομένως ακόμη και στειρότητα
- Βλάβη στο κεντρικό νευρικό σύστημα
- Βλάβη στο ανοσοποιητικό σύστημα
- Ψυχολογικές διαταραχές
- Ενδεχομένως βλάβη στο DNA ή ανάπτυξη καρκίνου <http://www.lenntech.com/>.

1.8 Χαλκός

1.8.1 Γενικά

Ο χαλκός ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων και συγκεκριμένα στην κατηγορία IB του περιοδικού πίνακα. Είναι ευρέως διαδεδομένος στο περιβάλλον σε διάφορες μορφές. Ο ατομικός του αριθμός 29 και το μοριακό του βάρος είναι 63,546 g/mole. Το σημείο τήξης του χαλκού είναι 1083°C και το σημείο βρασμού του 2595°C. Ο χαλκός απαντάται είτε σε στοιχειακή είτε σε μεταλλική μορφή. Το μέταλλο έχει κόκκινο χρώμα, είναι ελατό, καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού. Ο διαλυτός χαλκός μπορεί ορισμένες φορές να προσδώσει ένα ελαφρύ μπλε ή πράσινο-μπλε χρώμα και μια ανεπιθύμητη, μεταλλική γεύση στο νερό. (WHO, 2004)

1.8.2 Χρήσεις

Ίσως είναι το δεύτερο σημαντικότερο μέταλλο μετά το σίδηρο, όσον αφορά τη χρησιμότητα του στον άνθρωπο. Δεκαπέντε εκατομμύρια τόνοι χαλκού χρησιμοποιούνται ετησίως, ενώ περίπου το 1/3 της ποσότητας αυτής προέρχεται από ανακυκλωμένο χαλκό. (Κοκκινάκη, 2005). Ο χαλκός χρησιμοποιείται για την κατασκευή ηλεκτρικών καλωδίων, αγωγών, βαλβίδων, εξαρτημάτων, νομισμάτων, οικιακών σκευών και δομικών υλικών. Οι ενώσεις χαλκού χρησιμοποιούνται ως μυκητοκτόνα, ζιζανιοκτόνα και συντηρητικά ξύλων, χρωστικές ουσίες καθώς και σε επιμεταλλώσεις, στη χαρακτηριστική, τη λιθογραφία, τη διύλιση πετρελαίου και την πυροτεχνουργία. Οι ενώσεις χαλκού μπορούν να προστεθούν ως θρεπτικά συστατικά σε λιπάσματα και ζωοτροφές για την ενίσχυση της ανάπτυξης των φυτών και των ζώων. (WHO, 2004).

1.8.3 Πηγές ρύπανσης από χαλκό

Ο χαλκός απελευθερώνεται στο περιβάλλον τόσο από ανθρωπογενείς όσο και από φυσικές πηγές. Στις φυσικές πηγές του χαλκού περιλαμβάνεται η αποσάθρωση των θειούχων και ανθρακούχων ορυκτών σε οξειδωτικές συνθήκες. Παρόλα αυτά, πολύ μικρό ποσοστό του χαλκού που ανιχνεύεται στο νερό προέρχεται από φυσικές πηγές, καθώς τα χαλκούχα ορυκτά είναι ιδιαίτερα αδιάλυτα. Οι ανθρωπογενείς εισροές χαλκού στα υδάτινα συστήματα αντιπροσωπεύουν το 33-60% της συνολικής εισροής χαλκού στο περιβάλλον. Οι ανθρωπογενείς πηγές περιλαμβάνουν τη διάβρωση των σωληνώσεων από ορείχαλκο και

χαλκό, την απόρριψη ιλύος από μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, τη χρήση χαλκούχων ενώσεων σε αλγιοκτόνα, τη ρύπανση του υπόγειου νερού μέσω απορροής από γεωργική χρήση του χαλκού σε εντομοκτόνα, καθώς και ως συστατικό των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων από βιομηχανικές πηγές, ορυχεία κ.α. (Κοκκινάκη, 2005).

1.8.4 Επιπτώσεις στην υγεία

Βάσει στοιχείων από ατυχήματα κατάποσης και αυτοκτονίες, η θανατηφόρα δόση χαλκού για ενήλικες κυμαίνεται 4-400 mg Cu/kg σωματικού βάρους. Άτομα που λαμβάνουν υψηλές δόσεις χαλκού, μπορεί να παρουσιάσουν γαστρεντερικές αιμορραγίες, τοξικότητα στο ήπαρ, νεφρική ανεπάρκεια. Σε χαμηλότερες δόσεις, τα ιόντα του χαλκού μπορεί να προκαλέσουν τυπικά συμπτώματα τροφικής δηλητηρίασης (πονοκέφαλο, ναυτία, διάρροια και εμετό). Μια γνωστή ασθένεια που συνδέεται με τη λήψη χαλκού είναι η ασθένεια Wilson. Πρόκειται για μια γενετική ανωμαλία που προκαλεί συσσώρευση χαλκού στους ιστούς, λόγω της αδυναμίας μεταβολισμού του. Ο κίνδυνος για τους ανθρώπους από δηλητηρίαση χαλκού από θαλασσινά είναι μικρός, καθώς ο χαλκός στη θάλασσα δε θεωρείται κίνδυνος για την υγεία. <http://www.lenntech.com/>.

1.9 Νικέλιο

1.9.1 Γενικά

Το νικέλιο είναι ένα ασημόλευκο, σκληρό μέταλλο. Παρόλο που σχηματίζει ενώσεις σε αρκετές οξειδωτικές καταστάσεις, το δισθενές ιόν φαίνεται ότι είναι το πιο σημαντικό τόσο σε οργανικές όσο και σε ανόργανες ενώσεις. Το νικέλιο σχηματίζει ενώσεις με ανθρακικά, σουλφίδια και με οξειδία, οι οποίες είναι αδιάλυτες στο νερό, αλλά μπορούν να διαλυτοποιηθούν σε βιολογικά υγρά. Το νικέλιο σχηματίζει διαλυτές ενώσεις με τα νιτρικά, τα θειικά και το χλώριο. Σε βιολογικά συστήματα, το νικέλιο σχηματίζει σύμπλοκα με τις πεπτινές, τα αμινοξέα, τις πρωτεΐνες, την τριφωσφορική αδενοσίνη και το δεσοξυριβοζονουκλεϊκό οξύ. (WHO, 2000).

1.9.2 Χρήσεις

Οι δύο μεγαλύτεροι παραγωγοί νικελίου είναι ο Καναδάς και η Ρωσία, που παράγουν το 20-25% η καθεμία, της ολικής ετήσιας παραγωγής, η οποία για το 1988 ανερχόταν σε 784,82 χιλιάδες τόνους. Ενδιάμεσες χρήσεις του νικελίου περιλαμβάνουν την παραγωγή χάλυβα (42%), την παραγωγή κραμάτων (36%) και την επιμετάλλωση (18%). Οι κυριότερες τελικές χρήσεις του νικελίου είναι οι μεταφορές (23%), η χημική βιομηχανία (15%), οι ηλεκτρολογικοί εξοπλισμοί (12%) και οι κατασκευές (10%) (WHO, 2000).

1.9.3 Πηγές ρύπανσης από νικέλιο

Η καύση των ορυκτέλαιων, η εξόρυξη και ο καθαρισμός του νικελίου από προσμίξεις, καθώς και η αποτέφρωση των απορριμμάτων, αποτελούν τις κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές απαερίων νικελίου στην ατμόσφαιρα. Αυτές οι πηγές αποτελούν το 90% των παγκόσμιων ολικών εκπομπών. Το κυρίαρχο είδος του νικελίου στον περιβάλλοντα αέρα είναι το θειικό νικέλιο. Οι εκτιμήσεις για εκπομπές από φυσικές πηγές κυμαίνονται από $8,5-160 \times 10^6 \text{ kg/έτος}$ (WHO, 2000).

1.9.4 Επιπτώσεις στην υγεία

Υπάρχουν ενδείξεις ότι το νικέλιο είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για αρκετά είδη ζώων, φυτών και προκαρυωτικών οργανισμών. Το νικέλιο φαίνεται να είναι απαραίτητο και για τον άνθρωπο, αν και δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με την έλλειψη νικελίου. Το νικέλιο στη νομισματοκοπία, σε βιομηχανικά προϊόντα και οικιακές συσκευές, μπορεί να είναι υπεύθυνο για την εμφάνιση προβλημάτων υγείας, π.χ. δερματίτιδα. Σοβαρές βλάβες στους πνεύμονες έχουν καταγραφεί από άμεση εισπνοή καρβονυλικού νικελίου. Ανατρέψιμα νεφρικά προβλήματα (σε εργάτες), αλλεργική δερματίτιδα (κυρίως σε γυναίκες) καθώς και βλενώδεις ερεθισμοί σε άσθμα (σε εργάτες) έχουν καταγραφεί από έκθεση σε ανόργανες

ενώσεις του νικελίου. Δεν υπάρχουν προς το παρόν στοιχεία που να συνδέουν την έκθεση σε νικέλιο με καρκινογένεσις (WHO, 2000).

1.10 Ψευδάργυρος

1.10.1 Γενικά

Ο ψευδάργυρος είναι ένα εύθρυπτο μέταλλο με ελαφριά κυανή χροιά, το οποίο οξειδώνεται επιφανειακά στον αέρα. Το σημείο τήξης του είναι 419,58°C και το σημείο βρασμού του 907°C. Ο ψευδάργυρος ήταν γνωστός στην Ινδία και στην Κίνα πριν από τον 15^ο αιώνα. Η ονομασία του έχει γερμανική προέλευση "zing", η οποία δηλώνει συγγένεια με τον κασσίτερο ("zinn"). Κύρια ορυκτά του είναι ο σφαλερίτης και ο σμοθσονίτης. (<http://el.wikipedia.org/wiki>)

1.10.2 Χρήσεις

Ο ψευδάργυρος χρησιμοποιείται στην παραγωγή κραμάτων και μπρούντζου, σε μπαταρίες, ως σταθεροποιητής πολυμερών, καθώς και για το γαλβανισμό του χάλυβα και των προϊόντων του σιδήρου. Το οξείδιο του ψευδαργύρου, το οποίο χρησιμοποιείται ως χρωστική στα ελαστικά, είναι η κυριότερη ένωση του ψευδαργύρου που χρησιμοποιείται σε παραγωγικές διαδικασίες παγκοσμίως. Ο καρβαμιδικός ψευδάργυρος χρησιμοποιείται ως ζιζανιοκτόνο (WHO, 2003).

1.10.3 Πηγές ψευδαργύρου

Η φυσική προέλευση του ψευδαργύρου στα εδάφη είναι η αποσάθρωση του σφαλερίτη, διαφόρων δευτερογενών ορυκτών της αργίλου. Σημαντική επίσης, πηγή ψευδαργύρου είναι τα διάφορα φυτικά και ζωικά υπολείμματα. Σε επιφανειακά νερά, η συγκέντρωση του ψευδαργύρου είναι συνήθως μικρότερη των 10μg/L. Σε νερό βρύσης, η συγκέντρωση μπορεί να είναι υψηλότερη εξαιτίας της έκπλυσης του ψευδαργύρου από τις σωληνώσεις. Επίσης στις τροφές συναντάμε ψευδάργυρο, και συγκεκριμένα σε τροφές πλούσιες σε πρωτεΐνες, όπως τα κρέας και τα θαλασσινά. (WHO, 2003).

1.10.4 Επιπτώσεις στην υγεία

Ο ψευδάργυρος είναι ένα απαραίτητο ιχνοστοιχείο στη διατροφή του ανθρώπου. Διατροφική έλλειψη ψευδαργύρου έχει καταγραφεί σε αρκετές χώρες.

Άμεση τοξικότητα προκαλείται από κατάποση υπερβολικής ποσότητας αλάτων του ψευδαργύρου, τα οποία χορηγούνται ως συμπληρώματα διατροφής. Εμετός είναι το σύμπτωμα που εμφανίζεται μετά από κατανάλωση περισσότερων από 500mg θειικού ψευδαργύρου. Μαζικές δηλητηριάσεις έχουν καταγραφεί από την κατανάλωση όξινων ποτών, τα οποία διατηρούνταν σε γαλβανισμένα κιβώτια. Πυρετός, ναυτία, έμετος, στομαχικές συσπάσεις και διάρροια, εμφανιστήκαν μετά την κατανάλωση. Άμεση τοξικότητα έχει καταγραφεί από την εισπνοή ψευδαργύρου σε εργαζόμενους. Δεν υπάρχουν προς το παρόν ενδείξεις ότι ο ψευδάργυρος συνδέεται με περιπτώσεις θανάτου, από οποιαδήποτε μορφή καρκίνου (WHO, 2003).

1.11 Μόλυβδος

1.11.1 Γενικά

Ο μόλυβδος ανήκει στα τοξικά βαρέα μέταλλα με επιβλαβείς επιδράσεις σε ζωντανούς οργανισμούς. Ο μόλυβδος εξάγεται εύκολα από ορυκτά και έχει ανακαλυφθεί εδώ και 7000 χρόνια από τους Αιγύπτιους. Έχει ατομικό αριθμό 82 και ατομικό βάρος 207,2. Ο μόλυβδος είναι ένα μπλε-λευκό λαμπερό μέταλλο. Είναι πολύ μαλακό, πολύ ελατό, όλκιμο, και μια σχετικά κακός αγωγός του ηλεκτρισμού. Είναι πολύ ανθεκτικό στη διάβρωση, αλλά

αμαυρώνει την έκθεση στον αέρα. Μόλυβδος ισότοπα είναι τα τελικά προϊόντα καθενός από τις τρεις σειρές φυσικά ραδιενεργά στοιχεία. (<http://www.lenntech.com/>)

1.11.2 Χρήσεις

Σήμερα παράγονται ετησίως, περίπου, 4 εκατ. τόνοι μολύβδου σε παγκόσμια κλίμακα. Οι κύριες χρήσεις είναι: στοιχεία συσσωρευτών (μπαταρίες), επικάλυψη καλωδίων, χημικές ουσίες, οικοδομικά υλικά και σωλήνες, κράματα, εκρηκτικά κ.α.

1.11.3 Εφαρμογές

Οι σωλήνες μολύβδου φέρουν το έμβλημα των Ρωμαίων αυτοκρατόρων, που τις χρησιμοποιούσαν ως αγωγούς στους υπονόμους τους για τα λουτρά και παραμένουν ακόμα σε λειτουργία. Κράματα συμπεριλάμβαναν συγκολλησεις απο κασσίτερο. Ο Τετρααιθυλιούχος μόλυβδος (PbEt₄) εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε ορισμένους βαθμούς για βενζίνη, αλλά καταργείται σταδιακά για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος.

Ο μόλυβδος είναι ένα κύριο συστατικό των μπαταριών μολύβδου-οξέος όπου χρησιμοποιούνται εκτεταμένα σε μπαταρίες αυτοκινήτων. Χρησιμοποιείται ως ένα στοιχείο χρωματισμού σε κεραμικά εφυσάλωματα, όπως βλήματα, σε ορισμένα κεριά για το φυτίλι. Είναι το παραδοσιακό μέταλλο και χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια στη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης. Μια από τις κύριες χρήσεις του είναι στο γυαλί από τις οθόνες του υπολογιστή και της τηλεόρασης, όπου προστατεύει το θεατή από την ακτινοβολία. Άλλες χρήσεις είναι σε φύλλα, καλώδια, κολλήσεις, έδρανα και το βάρος σε αθλητικό εξοπλισμό. (<http://www.lenntech.com/>)

1.11.4 Πηγές ρύπανσης από Μόλυβδο

Ο μόλυβδος και οι ενώσεις του εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα κυρίως από ανθρωπογενείς διεργασίες, όπως βιομηχανικές κατεργασίες και καυσαέρια οχημάτων. Ανάλογα με το μέγεθος των σωματιδίων, ο μόλυβδος διασκορπίζεται και τελικά κατακρημνίζεται πάνω στο έδαφος, τα φυτά, τις υδάτινες επιφάνειες. Υγρές κατακρημνίσεις, βιομηχανικά υγρά απόβλητα, εκπλύσεις αυτοκινητοδρόμων με τη βροχή και αστικά απόβλητα είναι η κύριες πηγές ρύπανσης υδάτινων συστημάτων με μόλυβδο. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές μολύβδου στην ατμόσφαιρα είναι κυρίως αποτέλεσμα της χρήσης καυσίμων, καύσης απορριμμάτων, καύσης κάρβουνου, βιομηχανικές επεξεργασίες μεταλλευμάτων. Οι φυσικές εκπομπές μολύβδου στην ατμόσφαιρα (ηφαίστεια, πυρκαγιές δασών, σταγονίδια κυμάτων θάλασσας, σκόνη εδάφους) συνεισφέρουν σε αρκετά μικρότερο ποσοστό στην ατμοσφαιρική ρύπανση από μόλυβδο. Οι εκπομπές μολύβδου με τα καυσαέρια των οχημάτων έχουν αρχίσει να μειώνονται με την εφαρμογή της αμόλυβδης βενζίνης. (<http://www.lenntech.com/>)

1.11.5 Μόλυβδος στο περιβάλλον

Ο εγγενής μόλυβδος είναι σπάνιος στη φύση. Σήμερα ο μόλυβδος βρίσκεται συνήθως σε μεταλλεύματα μαζί με ψευδάργυρο, άργυρο και χαλκό και εξάγεται μαζί με αυτά τα μέταλλα. Το κύριο μέταλλευμα του μολύβδου είναι ο Γαλινίτης (Pbs) και υπάρχουν επίσης κοιτάσματα κερουσίτη και αγγλεσίτη τα οποία εξορύσσονται. ο Γαλινίτης εξορύσσεται στην Αυστραλία, η οποία παράγει το 19% του νέου μολύβδου στον κόσμο, ακολουθούμενη από τις ΗΠΑ, την Κίνα, «το Περού και τον Καναδά. Ένα ποσοστό εξορύσσεται στο Μεξικό και τη Δυτική Γερμανία. Η παγκόσμια παραγωγή του νέου μολύβδου είναι 6 εκατομμύρια τόνους το χρόνο, και τα συνολικά αποθέματα υπολογίζονται 85 εκατομμύρια τόνους, τα οποία είναι η προμήθεια για λιγότερο από 15 χρόνια.

Ο Μόλυβδος εμφανίζεται φυσικά στο περιβάλλον. Ωστόσο, οι περισσότερες συγκεντρώσεις μολύβδου που βρίσκονται στο περιβάλλον είναι ένα αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Λόγω της εφαρμογής του μολύβδου στην βενζίνη έχει

δημιουργηθεί ένας αφύσικος κύκλος μόλυβδου. Στους κινητήρες των αυτοκινήτων ο μόλυβδος καίγεται και έτσι δημιουργούνται τα άλατα του μόλυβδου (χλώριο, βρώμιο οξειδίο) Αυτά τα άλατα μόλυβδου εισέρχονται στο περιβάλλον μέσα από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Τα μεγαλύτερα σωματίδια θα πέσουν στο έδαφος και αμέσως θα το μολύνουν ή θα μολύνουν τα επιφανειακά ύδατα, τα μικρότερα σωματίδια θα διανύσουν μεγάλες αποστάσεις μέσω του αέρα και θα παραμείνουν στην ατμόσφαιρα. Μέρος αυτού του μόλυβδου θα πέσει πίσω στη γη, όταν βρέχει. Αυτός ο κύκλος του μόλυβδου που προκαλείται από την ανθρώπινη παραγωγή είναι πολύ πιο εκτεταμένος από ό, τι ο φυσικός κύκλος του μόλυβδου. Η ρύπανση από μόλυβδο αποτελεί παγκόσμιο ζήτημα. (<http://www.lenntech.com/>)

1.11.6 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του μόλυβδου

Ο μόλυβδος μπορεί να καταλήξει στο νερό και το έδαφος από την διάβρωση των αγωγών μόλυβδου από ένα σύστημα μεταφοράς νερού και μέσω της διάβρωσης των βαφών από μόλυβδο. Δεν μπορεί να διασπαστεί παρά μόνο μπορεί να μετατραπεί σε άλλες μορφές.

Ο μόλυβδος συσσωρεύεται στα όργανα των οργανισμών του νερού και στους οργανισμούς του εδάφους. Αυτά θα βιώσουν τις επιπτώσεις στην υγεία ως δηλητηρίαση από μόλυβδο. Οι επιπτώσεις στην υγεία για τα οστρακοειδή μπορεί να λάβει χώρα ακόμα και με μόνο πολύ μικρές συγκεντρώσεις μόλυβδου. Οι σωματικές λειτουργίες του φυτοπλαγκτού μπορεί να διαταραχθούν παρουσία μόλυβδου. Το φυτοπλαγκτόν είναι μια σημαντική πηγή παραγωγής οξυγόνου στις θάλασσες και πολλά μεγαλύτερα θαλάσσια ζώα τρέφονται από αυτό. Αυτός είναι ο λόγος που τώρα αρχίζουν να αναρωτιούνται αν η ρύπανση από μόλυβδο μπορεί να επηρεάσει τις παγκόσμιες ισορροπίες.

Οι λειτουργίες του εδάφους διαταράσσονται από παρεμβάσεις μόλυβδου, ιδιαίτερα κοντά σε αυτοκινητόδρομους και καλλιεργήσιμα εδάφη, όπου είναι πιθανόν να συσσωρεύονται ακραίες συγκεντρώσεις.

Ο μόλυβδος είναι ένα ιδιαίτερα επικίνδυνο χημικό, καθώς μπορεί να συσσωρεύεται σε κάθε οργανισμό, αλλά και σε ολόκληρη τροφικές αλυσίδες. (<http://www.lenntech.com/>)

1.11.7 Πηγές ρύπανσης του εδάφους με μόλυβδο και χημική συμπεριφορά του μόλυβδου στο έδαφος:

Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης του εδάφους με μόλυβδο είναι οι δραστηριότητες του ανθρώπου και μπορούν να συνοψισθούν στην ατμοσφαιρική εναπόθεση, στην χρήση ενεργούς λάσπης στη γεωργία, στην εξόρυξη ορυκτών και μεταλλευμάτων, στις εκπομπές καυσαερίων από τα τροχοφόρα οχήματα στην ανακύκλωση των συσσωρευτών μόλυβδου, στην εξάπλωση της τέφρας των κλιβάνων καθώς και στην παρουσία εργοστηρίων μετάλλων. Επίσης σημαντική πηγή ρύπανσης είναι η σκόνη που προέρχεται από τη φθορά των τοίχων των κτιρίων που έχουν βαφεί με χρώματα υψηλής περιεκτικότητας σε μόλυβδο. Οι κυριότερες ενώσεις μόλυβδου που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν από τις βιομηχανίες χρωμάτων ήταν ο «κόκκινος μόλυβδος» (Pb_3O_4), ο $PbCrO_4$ και ο $PbCrO_4 \cdot PbO$ για την παραγωγή του κίτρινου χρώματος καθώς και άλλες ενώσεις μόλυβδου όπως $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$, $3PbO \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$ και $4PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2 \cdot PbO$ (Guy et al., 2002).

Ο μόλυβδος απαντά κυρίως ως Pb^{2+} , ενώ άλλες μορφές στις οποίες εμφανίζεται είναι $Pb(OH)^+$, PbO , $Pb(OH)_2$ και $PbCO_3$. Παρουσιάζει την τάση να συγκεντρώνεται στον επιφανειακό ορίζοντα του εδάφους σχηματίζοντας σταθερά σύμπλοκα με τα οργανικά κολλοειδή. Οι μέσες συγκεντρώσεις Pb για τα επιφανειακά εδάφη σε παγκόσμια κλίμακα υπολογίζονται στα 25 ppm (Alloway, 1995). Η συγκέντρωση του Pb στην επιφάνεια του εδάφους έχει μεγάλη οικολογική σημασία καθώς επηρεάζει τη βιολογική δραστηριότητα των εδαφών. Αυξανόμενα επίπεδα Pb στο έδαφος πιθανώς περιορίζουν την ενζυματική δραστηριότητα των μικροοργανισμών και συνεπώς αυξάνουν την συσσώρευση οργανικής ουσίας στο έδαφος που δεν έχει αποσυντεθεί πλήρως, κυρίως υλικών που δεν αποσυντίθενται εύκολα όπως η κυτταρίνη (Hughes et al., 1980).

Οι Tyler et al. (1989) δίνοντας την παρακάτω σειρά ηλεκτραρνητικότητας των μετάλλων $Pb > Cu > Zn > Cd$ υποστηρίζουν ότι ο μόλυβδος σχηματίζει τα πιο σταθερά σύμπλοκα και γι' αυτό φαίνεται να μην μετακινείται μέσα στο εδαφικό προφίλ. Ο Pb αναφέρεται σαν το λιγότερο κινητό στοιχείο σε σχέση με τα άλλα βαρέα μέταλλα.

Σχετίζεται κυρίως με τα αργιλικά ορυκτά, τα οξειδία Mn, τα υδροξειδία Fe και Al και την οργανική ουσία. Ωστόσο σε μερικά εδάφη ίσως παρατηρηθούν υψηλές περιεκτικότητες Pb σε τεμαχίδια $CaCO_3$ ή σε συγκεντρώσεις P. Η διαλυτότητα του μολύβδου μπορεί να μειωθεί με ασβεστοποίηση. Οι υψηλές τιμές pH ίσως προκαλέσουν καθίζηση του Pb ως υδροξείδιο (φωσφόρου ή ανθρακικό) καθώς επίσης μπορούν να προκαλέσουν σχηματισμό συμπλόκων του Pb με την οργανική ουσία, τα οποία είναι πολύ σταθερά (Alloway, 1995). Καθώς αυξάνεται η οξύτητα του εδάφους, αυξάνεται και η διαλυτότητα του Pb (Kabata-Pendias and Pendias, 1992).

Λόγω της χαμηλής του διαλυτότητας, ο μόλυβδος έχει μεγάλο χρόνο παραμονής στο έδαφος (Alloway, 1995). Ο χρόνος ημιζωής του Pb στο έδαφος κυμαίνεται από 740 μέχρι 5900 χρόνια και εξαρτάται από το είδος του εδάφους, τη διαχείριση του νερού και την παρουσία οργανικής ουσίας (Kabata-Pendias and Pendias, 1992).

1.11.8 Τοξικότητα μολύβδου

1.11.8.1 Γενικά

Οι επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου από την έκθεση του στο μόλυβδο έχουν απασχολήσει αρκετούς ερευνητές. Ο μόλυβδος εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό είτε με εισπνοή των εκπομπών των αυτοκινήτων ή σωματιδίων σκόνης που προέρχονται από τη φθορά βαμμένων κτιρίων καθώς και ριτισμάτων σιδήρου, είτε 18 μέσω της τροφικής αλυσίδας. Διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι οι ενήλικες απορροφούν περίπου το 10% της ποσότητας του μολύβδου που περιλαμβάνεται στα τρόφιμα, ενώ τα μικρά παιδιά απορροφούν 4-5 φορές περισσότερο (W.H.O., 1996).

Σημαντικές πηγές πρόσληψης μολύβδου για τα μικρά παιδιά είναι το χώμα και η σκόνη. Έχει βρεθεί ότι το 50% του προσλαμβανόμενου μολύβδου σε παιδιά ηλικίας 2 ετών προέρχεται από τη σκόνη (Hyo-Taek Chon et al., 1998). Η ημιζωή του μολύβδου στο αίμα και τους ιστούς είναι περίπου 36-40 ημέρες για τους ενήλικες. Στο σκελετό, η ημιζωή του μολύβδου είναι περίπου 17-27 έτη. Το 90% του Pb που εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό συγκεντρώνεται στα οστά. Όμως ο μόλυβδος βρίσκεται και σε άλλους ιστούς και όργανα των θηλαστικών. Η μεγάλη συγγένεια του Pb με την θειόλη και ουσίες που περιέχουν φωσφορικά, εμποδίζει τη βιοσύνθεση της αίμης και συνεπώς επηρεάζει την διαπερατότητα των μεμβρανών των νεφρών, του ήπατος και του εγκεφάλου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία των παραπάνω οργάνων ή την καταστροφή τους καθώς ο Pb είναι αθροιστικό δηλητήριο (Τσιούρης, 1999).

Η βιολογική ημιζωή του μολύβδου μπορεί να είναι αρκετά μακρύτερη στα παιδιά από τους ενήλικους. Η συγκέντρωση του μολύβδου στο αίμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύλογα ως καλός δείκτης της έκθεσης από όλες τις πηγές ρύπανσης.

1.11.9 Βιοδιαθεσιμότητα του Μόλυβδου

Ο μόλυβδος προσλαμβάνεται από τα ριζικά τριχίδια μέσω παθητικής διαδικασίας και συγκρατείται κυρίως στο κυτταρικό τοίχωμα των κυττάρων της ρίζας. Η ποσότητα του μολύβδου που προσλαμβάνεται από τα φυτά σχετίζεται με την ποσότητα του μολύβδου που υπάρχει στο έδαφος. Η πρόσληψη του μολύβδου από τα φυτά αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του μολύβδου και με την πάροδο του χρόνου. Ο ρυθμός πρόσληψης του μολύβδου από τα φυτά ελαττώνεται με την ανύψωση της τιμής του pH του 23εδάφους που συνήθως γίνεται με ασβέστωση, ενώ περιορίζεται όταν η θερμοκρασία του εδάφους ελαττώνεται. Υποστηρίχθηκε ότι παρά το γεγονός ότι ένα ποσοστό της ποσότητας του μολύβδου που αποτίθεται στα φύλλα είναι δυνατό να απομακρύνεται με ξέπλυμα αυτών με νερό, ένα μέρος όμως του μολύβδου συγκρατείται στα κύτταρα των φύλλων. Παράλληλα διαπιστώθηκε ότι οι τετρααλκυλιωμένες ενώσεις του μολύβδου εύκολα μπορούν να μετατραπούν σε υδατοδιαλυτές ενώσεις οι οποίες μπορούν να προσληφθούν από τα φυτά,

καθώς και ότι ποσοστό ίσο με 3% του μολύβδου που βρίσκεται στις ρίζες μετακινείται προς το βλαστό.

Τέλος, υποστηρίχθηκε ότι ο μολύβδος είναι δυνατό να συνδεθεί στενά με την κυτταροπλασματική μεμβράνη των φυτικών κυττάρων και με τον τρόπο αυτό τα είδη που είναι ανθεκτικά στις συγκεντρώσεις του μολύβδου, μπορούν να δεσμεύσουν και να αδρανοποιήσουν μεγάλες ποσότητες μολύβδου (Μήτσιος,2004).

1.11.10 Επιπτώσεις στην υγεία

Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως από το 5000 π.Χ. για εφαρμογή σε μεταλλικά προϊόντα, καλώδια και αγωγούς, αλλά και σε χρώματα και φυτοφάρμακα. Ο μολύβδος είναι ένα από τα τέσσερα μέταλλα που έχουν τις πιο επιζήμιες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Μπορεί να εισέλθουν στο ανθρώπινο σώμα μέσω της πρόσληψης της τροφής (65%), νερό (20%) και αέρος (15%).

Τα τρόφιμα όπως φρούτα, λαχανικά, κρέατα, δημητριακά, θαλασσινά, αναψυκτικά και κρασί μπορεί να περιέχουν σημαντικές ποσότητες μολύβδου. Ο καπνός του τσιγάρου περιέχει επίσης μικρές ποσότητες μολύβδου.

Ο μολύβδος μπορεί να εισέλθει από το (πόσιμο) νερό μέσω της διάβρωσης των σωλήνων. Αυτό είναι πιο πιθανό να συμβεί όταν το νερό είναι ελαφρώς όξινο. Αυτός είναι ο λόγος που σήμερα απαιτείται από τα δημόσια συστήματα επεξεργασίας νερού να ρυθμίζουν το ΡΗ του νερού που θα εξυπηρετεί σκοπούς κατανάλωσης.

Απο όσο γνωρίζουμε, ο μολύβδος δεν εκπληρώνει τη βασική του λειτουργία στο ανθρώπινο σώμα, μπορεί να κάνει ζημιά μόνο μετά την πρόσληψη από τα τρόφιμα, τον αέρα ή το νερό.

Ο μολύβδος μπορεί να προκαλέσει διάφορα ανεπιθύμητα αποτελέσματα, όπως:

- Διακοπή της βιοσύνθεσης της αιμοσφαιρίνης και αναιμία
- Μία αύξηση της αρτηριακής πίεσης
- Νεφρική βλάβη
- Αποβολές και ανεπαίσθητες αμβλώσεις
- Διαταραχές του νευρικού συστήματος
- Βλάβη στον εγκέφαλο
- Μειωμένη ικανότητα μάθησης των παιδιών
- Διαταραχές της συμπεριφοράς των παιδιών, όπως η επιθετικότητα, παρορμητική συμπεριφορά και υπερκινητικότητα

Ο μολύβδος μπορεί να εισάγεται σε ένα έμβρυο μέσω του πλακούντα της μητέρας. Εξαιτίας αυτού μπορεί να προκαλέσει σοβαρή βλάβη στο νευρικό σύστημα και στους εγκεφάλους των αγέννητων παιδιών. (<http://www.lenntech.com/>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.Σύντομη περιγραφή της περιοχής

2.1 Γενικά

Η συνολική έκταση της Κρήτης είναι 8.336 τ.χλμ. (6,3% της συνολικής έκτασης της Ελληνικής επικράτειας). Βρίσκεται στο νότιο άκρο του Αιγαίου πελάγους σε απόσταση 160 χλμ. περίπου από την ηπειρωτική χώρα. Έχει αξιοσημείωτη ακτογραμμή - άνω των 1.000 χλμ., βόρεια βρέχεται από το Κρητικό και νότια από το Λιβυκό πέλαγος, ενώ περιβάλλεται από πλήθος μικρών νησιών (Γαύδος, Γαυδοπούλα, Χρυσή, Κουφονήσι, Ντία, Διονυσάδες κ.α.). Το μήκος του νησιού από το ένα άκρο (δυτικό) στο άλλο (ανατολικό) είναι 256 χιλιόμετρα, ενώ το μεγαλύτερο πλάτος του, 57 χιλιόμετρα, εντοπίζεται στο νομό Ηρακλείου και το μικρότερο πλάτος, 12 χιλιόμετρα, στο νομό Λασιθίου. Η μορφολογία της χαρακτηρίζεται από τρεις ζώνες, την ορεινή, με υψόμετρο από 400 μ. και άνω, την ημιορεινή, από 200-400 μ., και την πεδινή, από το επίπεδο της θάλασσας ως 200 μ. Οι πρώτες δύο ζώνες καλύπτουν περίπου τα 3/5 του νησιού. Σε ποσοστό 49% είναι ορεινή, οι δε ορεινοί όγκοι που δεσπόζουν είναι τα Λευκά Όρη (2.452 μ.), ο Ψηλορείτης (2.456 μ.) και η Δίκτη (2.148 μ.).

Η Κρήτη αποτελείται από τους Νομούς Ηρακλείου, Λασιθίου, Ρεθύμνου και Χανίων με πρωτεύουσα το Ηράκλειο. Βρέχεται βόρεια από το Κρητικό Πέλαγος και Νότια από το Λιβυκό Πέλαγος. Έχει συνολική έκταση 8.335 km² και καλύπτει το 6,3% της συνολικής έκτασης της χώρας. Στην Περιφέρεια Κρήτης, εκτός της νήσου Κρήτης, ανήκουν, επίσης, και αρκετά μικρά νησιά, όπως η Γαύδος, η Ντία, το Κουφονήσι, το Γαϊδουρονήσι ή Χρυσή, οι Διονυσάδες, η Σπιναλόγκα και το Παξιμάδι, εκ των οποίων τα περισσότερα είναι ακατοίκητα. Είναι η πλησιέστερη Ευρωπαϊκή Περιφέρεια στον Ισημερινό και σχεδόν ισαπέχει από την ηπειρωτική Ευρώπη (110 km), την Ασία (175 km) και την Αφρική.

Η μορφολογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τριών βασικών ζωνών: τη ζώνη με υψόμετρο 400 m και άνω (υψηλή ή ορεινή), τη ζώνη από 200-400 m (μέση) και τη χαμηλή ζώνη που αφορά στις περιοχές που εκτείνονται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 200 m υψόμετρο. Οι δύο πρώτες ζώνες καταλαμβάνουν σχεδόν τα 3/5 της νήσου και αποτελούν μια συνεχή οροσειρά από τα δυτικά προς τα ανατολικά, διακοπτόμενη από μικρές κοιλάδες και φαράγγια.

Οι ορεινοί όγκοι καταλαμβάνουν το 41% του εδάφους της, ενώ μεταξύ τους δημιουργούνται εύφορες πεδιάδες, που απαρτίζουν το 33% των εδαφών της και το υπόλοιπο 26% είναι ημιορεινό. Οι ακτές της έχουν μήκος 1.306 km (ποσοστό 7,8% της χώρας) και οι αξιόλογες παραλίες της αντιπροσωπεύουν το 9% της χώρας. Η γεωργική γη της περιφέρειας (37,8% της έκτασής της) είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τον εθνικό μέσο όρο. Το μεγαλύτερο μέρος της γεωργικής γης βρίσκεται στο Νομό Ηρακλείου (44%) και το μικρότερο στο Νομό Χανίων (17%) που ωστόσο είναι δεύτερος από πλευρά έκτασης (28,5% της συνολικής έκτασης).

Το υδατικό δυναμικό της Περιφέρειας είναι περιορισμένο, αλλά και ανισομερώς κατανομημένο. Η Περιφέρεια Κρήτης συγκεντρώνει το 5,4% του πληθυσμού της χώρας, με έντονη τάση αύξησης, αφού μεταξύ των απογραφών 1991 και 2001 ο πληθυσμός της αυξήθηκε κατά 11,3%, η 2 η μεγαλύτερη αύξηση στη χώρα μετά το Νότιο Αιγαίο.

➤ Η μορφολογία του κρητικού εδάφους χαρακτηρίζεται ως έντονα ορεινή, με μια εκτεταμένη οροσειρά να το διασχίζει με κατεύθυνση δυτική προς ανατολική. Τα όρη που διαμορφώνουν την γεωμορφολογία του νησιού είναι τα Λευκά Όρη με μέγιστο υψόμετρο 2.452 μέτρα, η οροσειρά του Ψηλορείτη με μέγιστο υψόμετρο τα 2.456 μέτρα και το όρος Δίκτη, με μέγιστο υψόμετρο τα 2.148 μέτρα. Για να αντιληφθεί κανείς την ένταση του ορεινού χαρακτήρα της Κρήτης αρκεί να παρατηρήσει τα Λευκά Όρη, τον πιο εκτεταμένο ορεινό όγκο με περισσότερες από 50 κορυφές που έχουν υψόμετρο άνω των 2.000 μέτρων. Η παρουσία μεγάλων και εντυπωσιακών οροπεδίων, όπως του Ομαλού, του Ασκύφου, του Νιάτου, της Νίδας και του Λασιθίου, ο μεγάλος αριθμός φαραγγιών, η παρουσία καταβοθρών όπως η καταβόθρα του Ομαλού, βαράθρων και πολυάριθμων σπηλαίων, όπως το σπήλαιο – βάραθρο του Γουργούθακα, το μεγαλύτερο στην Ελλάδα, με βάθος περίπου 1.200 μέτρα,

ένα από τα μεγαλύτερα της Ευρώπης, συμπληρώνουν την ορεινή και έντονη εικόνα της γεωμορφολογίας του νησιού. Ειδικά η παρουσία σπηλαίων είναι τόσο έντονη που μονό στα Λευκά Όρη έχουν καταγραφεί περισσότερα από 1.500 σπήλαια και τα τρία βαθύτερα βάραθρα της Ελλάδας ενώ συνολικά στην Κρήτη είναι καταγεγραμμένα περισσότερα από 5.000 σπήλαια.

Ειδικότερα, όσον αφορά τα φαράγγια, η Κρήτη μπορεί κάλλιστα να χαρακτηριστεί ως ο τόπος των φαραγγίων, μιας ιδιαίτερα σημαντικής από γεωλογικής και περιβαλλοντικής πλευράς, διαμόρφωσης που αποτελεί το προϊόν της συνδυασμένης επίδρασης του νερού, της εύθρυπτης φύσης των ασβεστολιθικών πετρωμάτων που κυριαρχούν στο νησί και των έντονων τεκτονικών κινήσεων της περιοχής, με την πλάκα της Αφρικής να βυθίζεται αργά κάτω από την Ευρωπαϊκή, προκαλώντας έντονες πιέσεις στο Ελληνικό Τόξο. Αυτή η εγγύτητα της Κρήτης στο σημείο σύγκλισης των δύο τεκτονικών πλακών έχει επιφέρει, κατά το πέρασμα των γεωλογικών χρόνων, σημαντικές ανυψώσεις του εδάφους με χαρακτηριστική την ανύψωση των 9 μέτρων μετά από σεισμό 8 Ρίχτερ, το 365 μ.Χ. (<http://www.incrediblecrete.gr/74/index.el.html>).

2.2 Περιγραφή της γεωλογίας του Ηρακλείου:

Η ευρύτερη περιοχή καλύπτεται κατά κύριο λόγο από μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους καθώς και Μεσοζωικούς ασβεστόλιθους. Αρχίζοντας από τους νεότερους προς τους παλαιότερους στρωματογραφικά γεωλογικούς σχηματισμούς απαντώνται οι εξής σχηματισμοί:

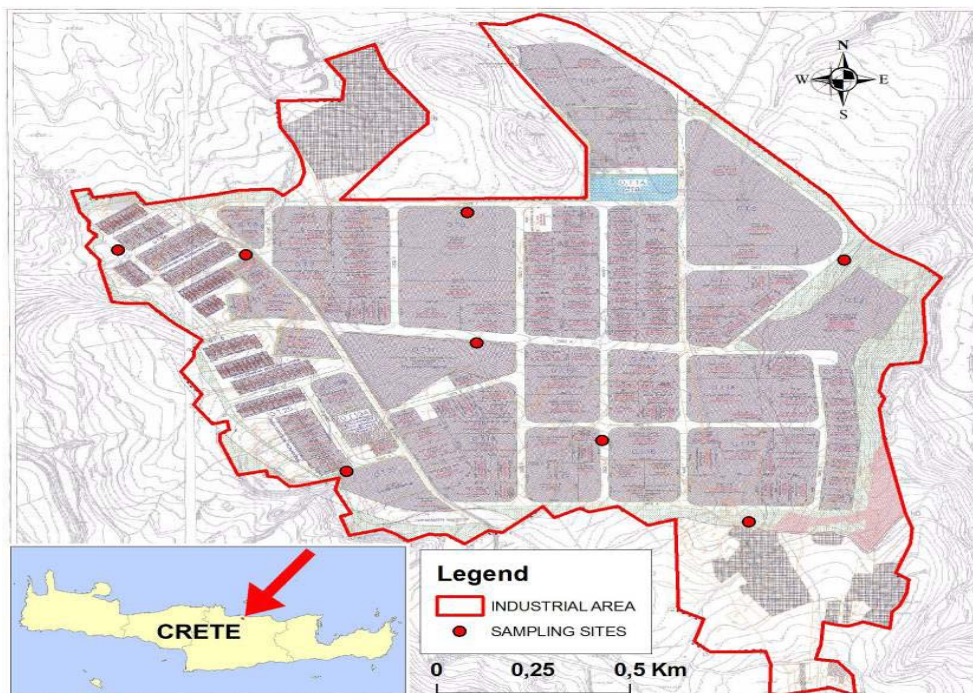
- Αλλουβιακές αποθέσεις του Ολοκαίνου
- Σχηματισμός Φοινικιάς ηλικίας Άνω - Μέσου Πλειόκαινου
- Σχηματισμός Αγίας Βαρβάρας ηλικίας Κάτω Μειόκαινου
- Ασβεστόλιθοι της ζώνης της Τρίπολης ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού

Οι αλλουβιακές αποθέσεις του Ολοκαίνου αποτελούνται κυρίως από ασύνδετα υλικά, χαλίκια, άμμοις, ιλύ και προέρχονται κυρίως από υλικά αποσάθρωσης και διάβρωσης παλαιότερων γεωλογικών σχηματισμών. Οι αποθέσεις αυτές αναπτύσσονται κατά μήκος της κοίτης των υδρορεμάτων της Κνωσού και του Καρτερού. Παρουσιάζουν δε μεγαλύτερη επιφανειακή εξάπλωση στις εκβολές τους όπου τα παραπάνω υλικά εμφανίζονται ελαφρώς συνδεδεμένα.

2.3 Ειδικά για την περιοχή μελέτης

Βρίσκεται βόρεια του νομού Ηρακλείου, στην ευρύτερη περιοχή Νέα Αλικαρνασός και είναι λίγα χιλιόμετρα μόλις μακριά από το αεροδρόμιο Ηρακλείου. Έχει έκταση 2097 στρέμματα (τα 60 από τα οποία αφορούν επέκταση που υλοποιούνται σήμερα.). Δίπλα από την περιοχή βρίσκεται ο βόρειος οδικός άξονας της Κρήτης, που συνδέει το Ηράκλειο με το νομούς Λασιθίου, Ρεθύμνου και Χανίων.

Στον παρακάτω χάρτη φαίνεται η περιοχή μελέτης με τα σημεία που πάρθηκαν τα δείγματα εδάφους σε 8 διαφορετικά σημεία.



Σχήμα 2.1. Χάρτης ΒΙ.ΠΕ Ηρακλείου με τα σημεία δειγματοληψίας.



Φωτο2.1. Πανοραμική άποψη της ΒΙ.ΠΕ. Ηρακλείου, διακρίνεται η Ε.Ο. Χανίων- Λασιθίου και το αεροδρόμιο

2.4 Το κλίμα της Κρήτης

Το κλίμα της Κρήτης είναι Μεσογειακό προς Θαλάσσιο (Marine) [Marine Mediterranean]. Στα Ορεινά όμως τείνει προς τον Ηπειρωτικό (Continental) τύπο κλίματος [Continental Mediterranean]. Το ετήσιο θερμομετρικό εύρος κυμαίνεται μεταξύ 14 και 15 °C. Από την άποψη της ηπιότητας του κλίματος και των μεταβολών, το κλίμα της Κρήτης θεωρείται προνομιούχο και οφείλεται στην κεντρική θέση που κατέχει η νήσος στην Ανατολική Μεσόγειο. Ο χειμώνας αρχίζει συνήθως τα μέσα Δεκεμβρίου και είναι ήπιος. Ο ψυχρότερος μήνας του έτους είναι ο Ιανουάριος, που θερμομετρικά ελάχιστα διαφέρει από το Φεβρουάριο. Η διαφορά τους όμως τόσο από το Δεκέμβριο όσο και από το Μάρτιο είναι αισθητή.

Γενικώς τα πεδινά της Κρήτης και ιδιαίτερα της Ανατολικής είναι μια από τις θερμότερες περιοχές της Ελλάδος και με μακρά ηλιοφάνεια κατά τους μήνες Οκτώβριο μέχρι Απρίλιο. Το θέρος, λόγω της θαλάσσιας αύρας και των ετήσιων ανέμων, είναι σχετικά δροσερό και διαρκεί από τον Ιούνιο μέχρι το Σεπτέμβριο. Θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Η νέφωση είναι γενικά μικρή και μειώνεται από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Οι βροχές αυξάνονται από τα ανατολικά προς τα δυτικά και από τα παράλια προς την ηπειρωτική χώρα.

Η ατμόσφαιρα μπορεί να είναι αρκετά υγρή, ανάλογα με την εγγύτητα προς τη θάλασσα. Ο χειμώνας είναι αρκετά ήπιος και ανεκτός. Η χιονόπτωση είναι σχεδόν άγνωστη

στις πεδινές εκτάσεις, αλλά αρκετά συχνή στις ορεινές περιοχές. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οι μέσες θερμοκρασίες είναι το υψηλό του 30 - χαμηλό 20 ετών (Κελσίου). Ίσως η καλύτερη εποχή για να επισκεφθείτε την Κρήτη είναι η άνοιξη και το φθινόπωρο.

Οι "Κακοκαιρίες" της ημέρας του χειμώνα συχνά διακόπτονται, κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από ηλιόλουστες ημέρες, τις γνωστές ως "Αλκυονίδες ημέρες" από τους αρχαίους χρόνους.

Μήνας	θερμοκρασία αέρα	θερμοκρασία θάλασσας	Μήνας	θερμοκρασία αέρα	θερμοκρασία θάλασσας
Ιανουάριος	12.3	17.1	Ιούλιος	26.4	24.2
Φεβρουάριος	12.5	16.2	Αύγουστος	26.4	24.8
Μαρτιος	13.8	16.9	Σεπτέμβριος	23.6	24.4
Απρίλιος	16.8	17.9	Οκτώβριος	20.3	22.5
Μάιος	20.4	20.0	Νοέμβριος	17.2	19.6
Ιούνιος	24.4	22.3	Δεκέμβριος	13.9	17.4

Θερμοκρασία σε °Celsius

Στοιχεία για το κλίμα της περιοχής μελέτης δίνονται από το μετεωρολογικό σταθμό: STATION ΗΡΑΚΛΕΙΟ 754 LATITUDE 35° 20' N LONGITUDE 25° 11' E ALTITUDE OF BAROMETER 39.3 METERS. Τα στοιχεία είναι της περιόδου 1955-1998.

2.4.1 Κατακρημνίσεις

Το ετήσιο ύψος βροχής είναι 485,5 mm. Η πορεία των βροχοπτώσεων παρουσιάζει ελάχιστο στους μήνες Ιούνιο ως Αύγουστο (0,7mm), μέγιστο τον Ιανουάριο (91,7mm) και ένα δευτερεύον μέγιστο τον Οκτώβριο (64,8mm). Οι χιονοπτώσεις στην περιοχή είναι σπάνιο φαινόμενο.

2.4.2 Άνεμοι

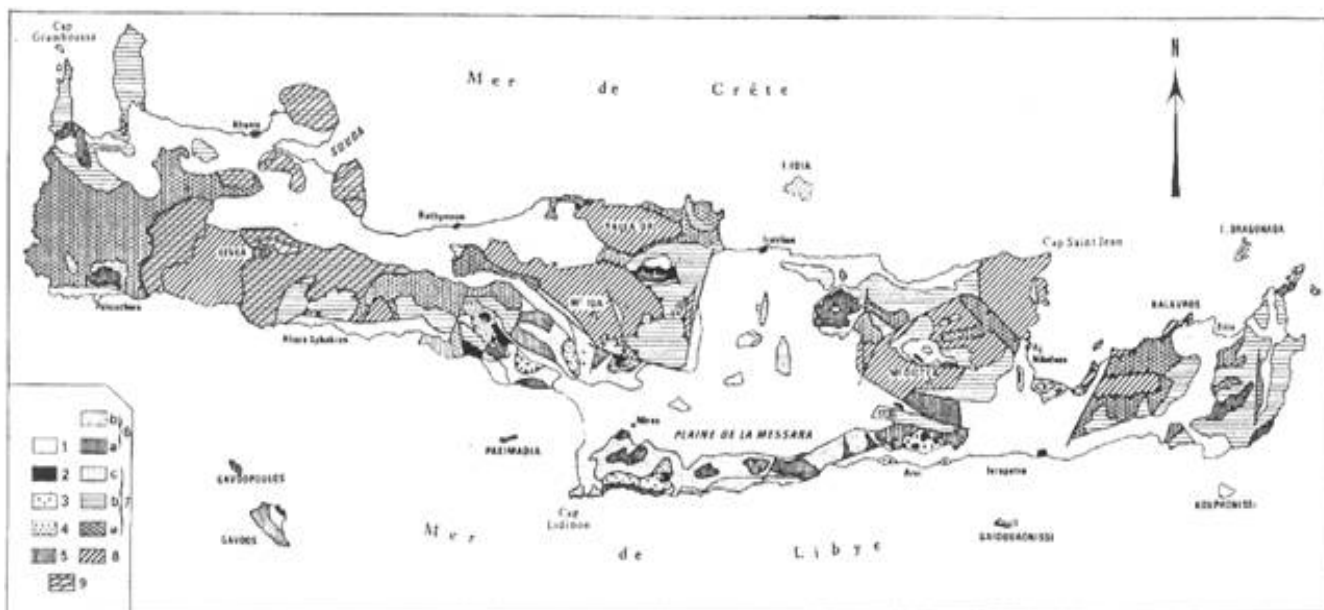
Επικρατούντες άνεμοι στην περιοχή είναι του βορείου τομέα (51%), αξιόλογη είναι η παρουσία και των νότιων ανέμων, ενώ η συχνότητα των νηνεμιών είναι πολύ μικρή (17,5%). Οι μέγιστες εντάσεις στην περιοχή φτάνουν μέχρι και τα 10 Beaufors, (N, ΝΔ, αλλά και Β διευθύνσεων).

Αρκετά ισχυροί άνεμοι (3 και 4 Beaufors) πνέουν σε σχετικά μεγάλη συχνότητα (43%) από τους οποίους τη μεγαλύτερη συχνότητα έχουν οι βορειοδυτικοί άνεμοι (20%).

Κατά τους χειμερινούς μήνες υπερέχουν οι νότιοι άνεμοι ενώ από τον Απρίλιο και μετά επικρατούν οι ΒΔ.

2.5 Γεωμορφολογία

Το έδαφος της Κρήτης είναι στη μεγαλύτερη έκτασή του ορεινό. Σε πολλά μάλιστα σημεία, το έδαφος είναι βραχώδες. Αναλυτικά, η κατανομή του σε κατηγορίες είναι 33% πεδινό, 26% ημιορεινό και 41% ορεινό. Η μορφολογία της χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τριών βασικών ζωνών : την ζώνη με υψόμετρο 400m και άνω (υψηλή ή ορεινή), τη ζώνη από 200 – 400m (μέση) και την χαμηλή ζώνη που αφορά τις περιοχές που εκτίνονται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 200m. Τα βασικά ορεινά συγκροτήματα είναι προς τα δυτικά τα Λευκά Όρη, στο κεντρικό τμήμα ο Ψηλορείτης (ή Ίδη) και προς τα ανατολικά το όρος Δίκτη και τα όρη Σητείας. Προς τα δυτικά και νότια οι υπώρειες των ορέων είναι απότομες και φθάνουν με μεγάλη κλίση προς τη θάλασσα, ενώ προς τα βόρεια το ανάγλυφο είναι πιο ήπιο και λοφώδες (πεδιάδα Χανίων και Ρεθύμνου).



Σχήμα 2.2. Γεωλογικός χάρτης της Κρήτης (τροποποιημένος από Βοneau, 1973). Στο υπόμνημα: 1. Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα, 2. Οφιόλιθοι, 3. κάλυμμα Αστερουσιών, 4. καλ. Βάτου, 5. καλ. Σπηλίου και Πρέβελη, 6. καλ. Πίνδου (ασβεστόλιθοι, ραδιολαρίτες και φλύσχης), 7. καλ. Τρίπολης (ασβεστόλιθοι, φλύσχης), 7α. Καλ. Φυλλιτών-Χαλαζιτών, 8. καλ. Πλακωδών ασβεστόλιθων και 9. καλ. Τρυπαλιού.

2.6. Υδρογεωλογία της περιοχής

Στην λεκάνη του Ηρακλείου επικρατούν νεογενείς αποθέσεις (κυρίως μάργες, άργιλοι και μαργαίκοι ασβεστόλιθοι). Νότια του Δήμου Νέας Αλικαρνασσού – μέσα στην περιοχή μελέτης – εμφανίζονται επίσης και ανθρακικοί σχηματισμοί του προνεογενούς.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί με υδρογεωλογικό ενδιαφέρον είναι κυρίως οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι οι οποίοι λόγω του καρστ και των ρωγμών τους θεωρούνται υδροπερατοί. Αυτοί μόνο θεωρείται ότι μπορούν να έχουν υδροφορείς μιας και οι λοιποί γεωλογικοί σχηματισμοί (μάργες και άργιλοι) είναι αδιαπέρατοι λόγω της σύστασης και της κοκομετρίας τους και δεν επιτρέπουν στο νερό της βροχής να καταισδύσει σε βάθος.

Στην ευρύτερη περιοχή της Καλλιθέας τα πετρώματα είναι νεογενείς αποθέσεις από φυλλώδεις μάργες, αργίλους, γύψους και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Υδροφορείς βρίσκονται στις περιοχές που επικρατούν γύψοι και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι ενώ σε περιοχές με φυλλώδεις μάργες οι γεωτρήσεις έδειξαν μόνο πολύ μικρές παροχές. Επειδή οι παραπάνω υδροφορείς είναι τοπικής κλίμακας δεν αναμένονται σημαντικά αποθέματα νερού.



Σχήμα 2.3. Αναλυτικότερη οριοθέτηση των υπόγειων υδατικών συστημάτων του ΥΔ Κρήτης (Προσχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών Υδατικού διαμερίσματος Κρήτης (Περιφέρεια Κρήτης, 2014)

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΤΥΠΟΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ	ΕΚΤΑΣΗ (km ²)
23	GR1300064	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΚΕΡΗΣ-ΤΥΛΙΣΣΟΥ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	8.27
24	GR1300065	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΝΑ. ΨΗΛΟΡΕΙΤΗ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	167.56
25	GR1300071	ΠΟΡΩΔΕΣ ΒΟΡΕΙΟ-ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	435.00
26	GR1300072	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΒΟΡΕΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	111.70
27	GR1300081	ΠΟΡΩΔΕΣ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	28.71
28	GR1300082	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	6.31
29	GR1300083	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΟΙΡΩΝ	ΠΟΡΩΔΕΣ	55.93
30	GR1300084	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΑΛΙΑΣ-ΒΑΓΙΩΝΙΑΣ-ΑΣΗΜΙΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	115.70
31	GR1300085	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΟΧΩΡΙΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	51.02
32	GR1300086	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΕΣΑΡΑΣ-ΝΟΤΙΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	508.41
33	GR1300091	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΟΜΠΙΑΣ-ΑΛΗΘΙΝΗΣ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	12.79
34	GR1300092	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΥΡΓΟΥ-ΧΑΡΑΚΑ-ΦΟΥΡΝΟΦΑΡΑΓΓΟΥ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	20.83
35	GR1300093	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	69.55
36	GR1300100	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	34.74
37	GR1300111	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΔΙΚΤΗΣ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	111.61
38	GR1300112	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΜΑΛΙΩΝ-ΣΕΛΕΝΑΣ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	92.51
39	GR1300113	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΔΙΚΤΗΣ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	86.75
40	GR1300114	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΛΑΚΩΝΙΩΝ-ΑΛΜΥΡΟΥ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	43.57
41	GR1300115	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΦΟΥΡΝΗΣ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	80.98
42	GR1300116	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΣΙΣΙΟΥ-ΜΙΛΑΤΟΥ-ΕΛΟΥΝΤΑΣ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	90.18
43	GR1300117	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ-ΝΟΤΙΑΣ ΔΙΚΤΗΣ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	116.42
44	GR1300121	ΠΟΡΩΔΕΣ ΜΥΡΤΟΥ-ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΕΝΤΡΙΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	30.42
45	GR1300122	ΠΟΡΩΔΕΣ ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	27.08
46	GR1300123	ΠΟΡΩΔΕΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ-ΚΑΛΟΥ ΧΩΡΙΟΥ (ΝΕΟΓΕΝΗ)	ΠΟΡΩΔΕΣ	260.97
47	GR1300131	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΘΡΥΠΤΗΣ-ΟΡΝΟΥ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	116.21
48	GR1300132	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΜΑΛΑΥΡΑΣ-ΠΑΧΕΙΑΣ ΑΜΜΟΥ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	15.85
49	GR1300141	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΗΤΕΙΑΣ-ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΑΔΩΝ-ΑΓΙΑΣ ΤΡΙΑΔΑΣ	ΠΟΡΩΔΕΣ	94.10
50	GR1300142	ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΟΥΤΣΟΥΡΑ-ΜΑΚΡΥΓΙΑΛΟΥ	ΠΟΡΩΔΕΣ	93.67
51	GR1300143	ΠΟΡΩΔΕΣ ΣΚΟΠΗΣ-ΣΗΤΕΙΑΣ-ΡΟΥΣΑΣΣ ΕΚΚΛΗΣΙΑΣ	ΠΟΡΩΔΕΣ	52.56
52	GR1300144	ΠΟΡΩΔΕΣ ΓΟΥΔΟΥΡΑ	ΠΟΡΩΔΕΣ	2.28
53	GR1300151	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	108.79
54	GR1300152	ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΒΑ. ΑΠΟΛΗΞΕΩΝ ΟΡΕΩΝ ΖΑΚΡΟΥ	ΚΑΡΣΤΙΚΟ	44.27

2.7. Οικοσύστημα – Χλωρίδα – Πανίδα – Φυτοκάλυψη

Η δασική βλάστηση της παράκτιας περιοχής κατατάσσεται στην «Θερμομεσογειακή διάπλαση (Oleo-Ceratonion) Ανατολικής Μεσογείου» και ένα μέρος της έκτασης προς τα ορεινά της ευρύτερης περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ως «Μεσο-μεσογειακή διάπλαση της Αριάς (Quercion ilicis) τύπος Βαλκανικής και Ανατολικής Μεσογείου.

Οι διαφορετικοί τύποι χρήσης γης φιλοξενούν αντίστοιχα την χαρακτηριστική τους βλάστηση. Στην περιοχή εκτός από τις μικρές έκτασης πεδινές περιοχές, υπάρχουν ακόμα

ορεινές και λοφώδεις κυρίως δασικές περιοχές και παραθαλάσσιες αμμώδεις και βραχώδεις περιοχές.

ΑΔΗΜΟΣΙΕΥΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Υλικά και μέθοδοι εργασίας

3.2 Η δειγματοληψία εδαφικών δειγμάτων

Η δειγματοληψία έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε το δείγμα να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό. Για να το πετύχουμε αυτό, περπατήσαμε όλη την περιοχή για να διαπιστώσουμε αν το έδαφος είναι ομοιογενές ή όχι και διαιρέσαμε την περιοχή σε μέρη. Πήραμε δείγματα από οκτώ διαφορετικά σημεία. Στο κάθε σημείο παίρναμε τρία διαφορετικά δείγματα για βάθος 0-5 cm, 5-15 cm και 15-30 cm. Ο δειγματολήπτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν για πετρώδη εδάφη και η δειγματοληψία έγινε τον μήνα Αύγουστο στην Βιομηχανική Περιοχή Ηρακλείου. Το κάθε δείγμα από το κάθε βάθος τοποθετήθηκε χωριστά σε πλαστική σακούλα στο επάνω μέρος της οποίας τοποθετήσαμε ετικέτα με τα στοιχεία του δείγματος. Στη συνέχεια, μεταφέραμε τα εδαφικά δείγματα στο εργαστήριο, και τα τοποθετήσαμε σε φύλλα χαρτιού για να γίνει η αεροξήρανση τους. Μετά από μερικές μέρες, και αφού έγινε η αεροξήρανση ακολούθησε ήπια λειοτρίβηση των δειγμάτων με ιγδίων πορσελάνης, για να σπάσουν τα συσσωματώματα και έπειτα κοσκινίστηκαν με κόσκινο διαμέτρου 2mm, (αφού οι εργαστηριακές αναλύσεις γίνονται στην λεπτή γή) για να μείνει η άμμος, η ιλύς και η άργιλος. Τέλος, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστική σακούλα και από εκεί ήταν έτοιμα για ανάλυση.

3.3 Εργαστηριακές αναλύσεις

Οι μέθοδοι που πραγματοποιήθηκαν για την ανάλυση των δειγμάτων είναι:

- 3.3.1 Μηχανική (κοκκομετρική) ανάλυση εδάφους
- 3.4. Ηλεκτρική αγωγιμότητα και
- 3.5 Ενεργότητα ιόντων υδρογόνου (pH)
- 3.6 Οργανική ουσία
- 3.7 Ελευθ. ανθρ. Ασβεστιο
- 3.8. Αφομοιωσιμος φωσφορος
- 3.9. Ανταλλαξιμα κατιοντα
- 3.10 Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ)
- 3.11 Προσδιορισμός αφομ. μορφών βαρέων μετάλλων με DTPA
- 3.12 Προσδιορισμός ολικων μορφών βαρέων μετάλλων

3.3.1 Μηχανική ανάλυση του εδάφους-Μέθοδος Βουγιούκου

Η κοκκομετρική ανάλυση είναι μια από τις πλέον βασικές μεθόδους κατάταξης των εδαφών και χρησιμοποιείται διεθνώς. Η καταλληλότητα ενός εδάφους ως υλικού θεμελίωσης ή ως δομικού υλικού εξαρτάται από την κοκκομετρική ανάλυση, δηλαδή από τον προσδιορισμό της συμμετοχής των διαμέτρων των κόκκων, ως ποσοστών, στο συνολικό όγκο του θεωρούμενου εδάφους. τα τρία κλάσματα του εδάφους είναι η επι τις εκατό περιεκτικότητα σε άμμο, ιλύς και άργιλος.

Οι πληροφορίες που παίρνουμε από την κοκκομετρική ανάλυση μας διευκολύνουν να προβλέψουμε τη συμπεριφορά των εδαφών, οσον αφορά στην αντοχή και στην παραμόρφωση.

Η στερεή φάση του εδάφους υποδιαιρείται με βάση πάντα την ισοδύναμη διάμετρο σε mm στα εξής κλάσματα όπως φαίνονται στον πίνακα 3.1:

Η γνώση του ποσοστού συμμετοχής του καθενός κλάσματος στη σύσταση των εδαφών, είναι βασικής σημασίας κριτήριο, για το χαρακτηρισμό τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων που έχουν σχέση με τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, γιατί το κάθε ένα από τα κλάσματα μηχανικής σύστασης του εδάφους επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο τις φυσικές και χημικές του ιδιότητες.

Κατά κύριο λόγω τα τεμαχίδια της άμμου αλλά και της ιλύος, θεωρούνται συνήθως αδρανή και αποτελούνται κυρίως από πρωτογενή ορυκτά. Σε αντίθεση με αυτά, τα τεμαχίδια της άργιλου λόγω του μικρότατου μεγέθους τους, που συνεπάγεται μεγάλη ειδική επιφάνεια,

θεωρούνται το ενεργό συστατικό του εδάφους. Αποτελούνται κατά κανόνα από δευτερογενή ορυκτά τα οποία εκδηλώνουν αρνητικά φορτία, με αποτέλεσμα να συγκρατούν, κυρίως υπό ανταλλάξιμη μορφή, τα απαραίτητα για την θρέψη των φυτών ανόργανα στοιχεία και νερό.

ΚΛΑΣΜΑ	ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΑΜΕΡ.ΣΥΣΤΗΜΑ
Χονδρή άμμος	2-0,2	2-0,2
Λεπτή άμμος	0,2-0,002	0,2-0,05
Ιλύς	0,02-0,002	0,05-0,002
Άργιλος	<0,002	<0,002

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την μηχανική ανάλυση του εδάφους είναι η μέθοδος Βουγιούκου, η οποία στηρίζεται στον προσδιορισμό με ειδικό πυκνόμετρο της πυκνότητας του εδαφικού αιωρήματος του οποίου οι κόκκοι καθιζάνουν, με ταχύτητα που καθορίζεται από την εξίσωση Stokes:

$$V=2r^2(d_1-d_2)g/(9n)$$

Όπου V, η ταχύτητα πτώσεως των εδαφικών υλικών (cm/sec)

D1, πυκνότητα των εδαφικών υλικών (2,65gr/cm³)

D2, η πυκνότητα του υγρού (0,998gr/ cm³)

g, η επιτάχυνση την βαρύτητας (980cm/sec²)

r, η ακτίνα των εδαφικών τεμαχιδίων (cm)

n, το απόλυτο ιξώδες του υγρού (poises)

Τα όργανα και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Αναδευτήρας μηχανικής ανάλυσης
- Κύλινδρος καθιζήσεως βουγιούκου
- Υδρόμετρο Βουγιούκου
- Υδραργυρικό θερμόμετρο
- Χρονόμετρο
- Διάλυμα εξαμεταφωσφορικού νατρίου 0,1 N
- Απιονισμένο νερό

3.3.2 Μεθοδολογία ανάλυσης

Ζυγίστηκαν 50 gr δείγματος ξηρού εδάφους και προστέθηκαν 50 ml διαλύματος εξαμεταφωσφορικού νατρίου 0,1N στη συνέχεια συμπληρώθηκε απιονισμένο νερό μέχρι την χαραγή του ποτηριού και το διάλυμα αναδεύτηκε 5 ως 10 λεπτά ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους. Στη συνέχεια, μεταφέρθηκε το διάλυμα στο κύλινδρο μηχανικής ανάλυσης ξεπλύνοντας καλά τα τοιχώματα του ποτηριού με σκοπό να αποφύγουμε την απώλεια εδάφους. Ενώ το πυκνόμετρο έχει ήδη τοποθετηθεί στον κύλινδρο συμπληρώνεται με απιονισμένο νερό ως τα 1000ml. Έπειτα, ανακινούμε έντονα το αιώρημα που βρίσκεται στο κύλινδρο, αφού έχει αφαιρεθεί το υδρόμετρο και μετά από 20sec σημειώθηκε η ένδειξη του υδρομέτρου, και μετά από 40 sec καταγράφηκε η τιμή της θερμοκρασίας και η ένδειξη του υδρομέτρου. Έπειτα από διόρθωση της θερμοκρασίας η ένδειξη του υδρομέτρου αντιπροσωπεύει τα gr της ιλύος και της αργίλου στο αιώρημα. Επαναλήφθηκε η προηγούμενη διαδικασία της ανακίνησης και σημειώθηκε η ένδειξη του υδρομέτρου και του θερμόμετρου μετά από δυο ώρες ηρεμίας του διαλύματος. Μετά από κατάλληλη διόρθωση των τιμών της θερμοκρασίας έχουμε τα gr της αργίλου.

Η διαδικασία αυτή γίνεται και για την παρασκευή του μάρτυρα ο οποίος περιέχει ότι και παραπάνω χωρίς όμως το δείγμα εδάφους. Ο σκοπός του δείγματος του μάρτυρα είναι ο έλεγχος της κανονικότητας του εξαμεταφωσφορικού νατρίου.

Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για τις διορθώσεις των τιμών θερμοκρασίας και τον υπολογισμό της άμμου, ιλύος και αργίλου είναι:

Διόρθωση ένδειξης της θερμοκρασίας

στα 40sec

$\Delta_{\text{αρχ}} = (\theta_{\text{αρχ}} - 20^{\circ}\text{C}) * 0.30$

Στις 2h

$\Delta_{\text{τελ}} = (\theta_{\text{τελ}} - 20^{\circ}\text{C}) * 0.30$

Διόρθωση ένδειξης υδρομέτρου (40 sec) = πυκνότητα + διορθωμένη ένδειξη θερμοκρασίας – πυκνότητα τυφλού

Διορθωμένη ένδειξη υδρομέτρου * 2 = (ιλύς + άργιλος)

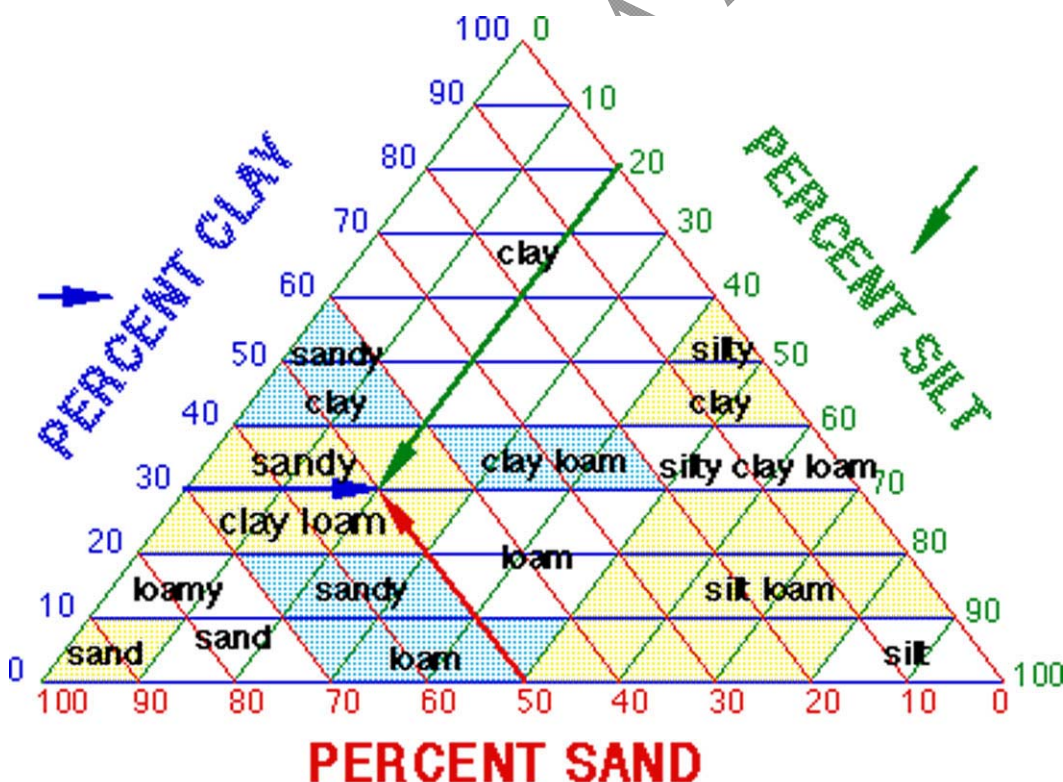
Εδαφος = άμμος + ιλύς + άργιλος = 100%

Άμμος = 100% - (ιλύς + άργιλος)

άργιλος = διορθωμένη ένδειξη υδρομέτρου * 2

Ιλύς = 100 – άργιλος – άμμος

Γνωρίζοντας τα ποσοστά των κλασμάτων και με την βοήθεια του τριγώνου μηχανικής σύστασης κατατάσσουμε τα εδάφη σε κατηγορίες.



Σχήμα 3.1. Τρίγωνο μηχανικής σύστασης για την κατάταξη των εδαφών σε κατηγορίες

3.4. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους είναι μια έμμεση μέτρηση που σχετίζεται πολύ καλά με αρκετές φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η ικανότητα ενός υλικού να διαβιβάσει ηλεκτρικό ρεύμα. Εκφράζεται σε mhos ή σε mmhos ή σε mmhos στους 25°C. Τα εδάφη, γενικά, περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό διαφόρων δυσδιάλυτων οξειδίων, μετάλλων και ορυκτών, όπως και ευδιάλυτα υδατοδιαλυτά άλατα, που ανάλογα με την ποιότητα τους και τις συγκεντρώσεις τους, στο κορεσμένο με νερό έδαφος, τα χαρακτηρίζουν αλατούχα ή μη αλατούχα.

3.4.1 Μέθοδος ανάλυσης

Τα όργανα και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Αναλυτικός ζυγός
- Πλαστικά ποτήρια
- Σπάτουλες
- Ογκομετρικοί κύλινδροι 50 ml
- Διηθητικό χαρτί
- Χωνι Buchner
- Αντλία κενού
- Απιονισμένο νερό
- αγωγιμόμετρο

Από το κάθε δείγμα εδάφους ζυγίστηκαν 200gr, τα οποία μεταφέρθηκαν σε πλαστικό δοχείο. Προστέθηκε αποσταγμένο νερό 50ml και αναμίχτηκε με τη βοήθεια σπάτουλας με το έδαφος, μέχρι να φαίνεται κορεσμένο. Έπειτα αφήσαμε όλα τα δείγματα για μισή ώρα για να απορροφήσει το έδαφος την υγρασία και στη συνέχεια προστέθηκε νερό μέχρι τον κορεσμό. Το σημείο κορεσμού γίνεται αντιληπτό όταν έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

α) η επιφάνεια της πάστας πρέπει να γυαλίζει, χωρίς όμως να εμφανίζει περίσσεια νερού,
β) αν με τη σπάτουλα χαραχθεί ένα αυλάκι στην πάστα, τότε αυτό θα πρέπει να κλείνει σιγά σιγά με μετακίνηση υγρής μάζας εδάφους.
γ) η πάστα πρέπει να γλιστρά ελεύθερα πάνω στην σπάτουλα, όταν αφεθεί να πέσει από αυτή.

Μετά από 4 ώρες ηρεμίας της πάστας ελέγχουμε τα παραπάνω χαρακτηριστικά, και αν κάποιο δείγμα δεν πληρεί κάποιο από αυτά τότε προσθέτουμε δείγμα εδάφους ή νερού, ανάλογα με την περίπτωση.

Στη συνέχεια, διηθήθηκε η πάστα του εδάφους με χωνί Buchner και ηθμό Whatman N°42, με τη βοήθεια της αντλίας κενού, ώστε να συλλέξουμε το εκχύλισμα κορεσμού από όπου και θα μετρηθεί η αγωγιμότητα και το pH με το αγωγιμόμετρο και το πεχάμετρο αντίστοιχα.

3.5 Προσδιορισμός pH 1:1

Ως pH ορίζεται η συγκέντρωση των ιόντων H⁺ στο εδαφικό διάλυμα. Η έννοια του στα εδάφη έχει μεγάλη και ιδιαίτερη αξία γιατί από την τιμή του εξαρτάται η δυνατότητα της απορρόφησης των θρεπτικών μεγαλοστοιχείων και ιχνοστοιχείων, η ανάπτυξη και απόδοση των διαφόρων φυτικών καλλιεργειών, όπως και η επωφελής δράση των μικροοργανισμών. Η σχέση εδάφους-νερού καθορίζει το προσδιοριζόμενο pH. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του νερού που προστίθεται στο έδαφος τόσο υψηλότερη είναι η τιμή του pH. Αυτό συμβαίνει γιατί με την προσθήκη κι άλλης ποσότητας νερού στο έδαφος, το εδαφικό διάλυμα αραιώνεται, άρα μειώνεται η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου, οπότε αυξάνεται η τιμή του pH.

Πειραματική διαδικασία:

Ζυγίζουμε 20gr εδάφους μέσα σε πλαστικά ποτήρια και προσθέτουμε 20ml απιονισμένο νερό. Αναδεύουμε το διάλυμα για 15 λεπτά και το αφήνουμε σε ηρεμία για 10 λεπτά. Στη συνέχεια αναδεύουμε για 5 λεπτά και το αφήνουμε σε ηρεμία για 10 λεπτά. Η

διαδικασία αυτή συνεχίζετε για 1 ώρα και στην συνέχεια με το πεχάμετρο παίρνουμε την ένδειξη του pH στο αιώρημα.

3.6 Οργανική Ουσία

Η οργανική ουσία του εδάφους είναι πηγή θρεπτικών στοιχείων (Αζώτου, Φωσφόρου, Καλίου κ.λ.π),για τα φυτά. Επιπλέον πολλές ιδιότητες του εδάφους όπως η απορρόφηση και η συγκράτηση του ύδατος, η συγκράτηση υπό ανταλλάξιμη μορφή κατιόντων και η δημιουργία και η διατήρηση καλής δομής, εξαρτώνται κατά μεγάλο ποσοστό από την περιεκτικότητα του σε οργανική ουσία. Από τα παραπάνω γίνεται φανερή η σπουδαιότητα της γνώσεως του ποσοστού της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Επίσης είναι σημαντικός παράγοντας της γονιμότητας του εδάφους είναι το αποτέλεσμα της διάσπασης των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων που επιστρέφουν στο έδαφος.

Οι ευνοϊκές επιδράσεις της σύμφωνα με τον Πολυζόπουλο (1976) είναι οι εξής:

- Μειώνει την πλαστικότητα και συνεκτικότητα των αργιλωδών εδαφών, ενώ, αντίθετα αυξάνει τη συνεκτικότητα στα αμμώδη.
- Προάγει την δημιουργία σταθερών συσσωματωμάτων των εδαφικών κόκκων βελτιώνοντας έτσι το πορώδες και τις εξαρτημένες από αυτό ιδιότητες (περατότητα απο ρίζες και νερό, αερισμός)
- Αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, την CEC (εναλλακτική ικανότητα κατιόντων) και την ρυθμιστική ικανότητα (ιδιότητα ιδιαίτερα επωφελής στα ελαφρά εδάφη).
- Προστατεύει από έκπλυση, η άλλου είδους απώλειες η δεσμεύσεις θρεπτικά στοιχεία (N, P, S), ενώ αποτελεί την μοναδική πηγή ενέργειας για πολλούς από τους μικροοργανισμούς του εδάφους

Προάγει την υπό των φυτών χρησιμοποίηση ορισμένων μικροστοιχείων.

3.6.1 Μέθοδος ανάλυσης – Μέθοδος Walkley-Black

Εξαιτίας των αδυναμιών που παρουσιάζει ο άμεσος προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους, έχει καθιερωθεί ο έμμεσος τρόπος, που βασίζεται στον υπολογισμό του οργανικού άνθρακα, ο οποίος είναι το βασικό συστατικό της.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της ολικής οργανικής ουσίας είναι η μέθοδος Walkley-Black, η οποία στηρίζεται στην οξειδωση του οργανικού άνθρακα από το $K_2Cr_2O_7$ παρουσία H_2SO_4 , και την ογκομέτρηση της περίσσειας του $Cr_2O_7^{2-}$ στο δείγμα με Fe^{2+} .

Τα όργανα και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Κωνικές φιάλες των 500ml
- Προχοΐδα των 25ml
- Ογκομετρικούς κυλίνδρους των 50 και 100ml
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Μαγνητάκια
- Σιφώνια των 10 ml
- Απαγωγός
- Διχρωμικό κάλιο ($K_2Cr_2O_7$ 1N)
- Πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4)
- Πυκνό φωσφορικό οξύ (H_3PO_4)
- Δείκτης διφαινυλαμίνης
- Θειικός σίδηρος ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5N)

Πειραματική διαδικασία:

Αρχικά ζυγίστηκε από κάθε δείγμα εδάφους 0,5gr, το οποίο μεταφέρθηκε σε κωνική φιάλη των 500ml και προστέθηκε σε αυτό με τη βοήθεια σιφωνίου 10ml $K_2Cr_2O_7$ 1N. έπειτα από ήπια ανάδευση προστέθηκαν 20ml πυκνού H_2SO_4 και επαναλήφθηκε η ανάδευση για ένα λεπτό σε απαγωγό εστία. Αφέθηκε το δείγμα για 30 λεπτά σε ημερία. Στη συνέχεια

προστέθηκαν 200ml απιονισμένου νερού, 10ml πυκνού H_3PO_4 , 0,2gr NaF και 1-2ml δείκτη διφαινυλαμίνης και αυτό είχε ως αποτέλεσμα το διάλυμα να έχει πάρει το σκούρο μπλέ χρώμα.

Η ίδια ακριβώς διαδικασία ακολουθείτε για την δημιουργία του τυφλού διαλύματος, το οποίο περιέχει όλα τα παραπάνω αντιδραστήρια εκτός από το δείγμα εδάφους.

Αυτό γίνεται για τον προσδιορισμό της κανονικότητας του διαλύματος του δισθενούς σιδήρου.

Τέλος, γίνεται ξεχωριστή ογκομέτρηση του τυφλού διαλύματος και των υπόλοιπων δειγμάτων με διάλυμα εναμμώνιου θειικού σιδήρου, μέχρι την απότομη αλλαγή του χρώματος από σκούρο μπλέ, σε πράσινο (πετρόλ).

Με την βοήθεια του παρακάτω τύπου υπολογίστηκε η οργανική ουσία του εδάφους.

$$\text{Οργανική ουσία σε g\% εδάφους} = 10 \times (1 - \text{V}\Delta / \text{V}\text{T}) \times (0,3 \times 1,3 \times 1,724 / \text{B})$$

Όπου:

VΤ= ο όγκος σε ml ου διαλύματος εναμμώνιου θειικού σιδήρου 0,5N που καταναλώθηκαν για την ογκομέτρηση των 10 ml 1N $K_2Cr_2O_7$ στο τυφλό.

VΔ = ο όγκος σε ml του διαλύματος εναμμώνιου θειικού σιδήρου 0,5N που καταναλώθηκαν για την ογκομέτρηση της περίσσειας του διχρωμικού καλίου στο δείγμα.

B= τα g του χρησιμοποιηθέντος εδάφους.

0,30= συντελεστής μετατροπής του 1ml $K_2Cr_2O_7$ 1N σε g άνθρακα %. (ο συντελεστής αυτός προκύπτει από τη σχέση $(12/4000) \times 100 = 0,30$. το πηλίκο αντιπροσωπεύει το 4000 βάρος σε g ενός mmolc άνθρακα και το 100 χρησιμοποιείται για να γίνει η αναγωγή του αποτελέσματος σαν ποσοστό επί τοις εκατό).

1,3= συντελεστής, που αναφέρεται στο ποσοστό του άνθρακα της οργανικής ουσίας που οξειδώνεται με την μέθοδο αυτή. Όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω μόνο ένα ποσοστό του άνθρακα της οργανικής ουσίας οξειδώνεται με τη μέθοδο αυτή. Το ποσοστό αυτό είναι κατά μέσο όρο ίσο με 77%.

1,724= συντελεστής, που αναφέρεται στη μετατροπή του ποσοστού του άνθρακα σε ποσοστό οργανικής ουσίας. Προκύπτει από την παραδοχή ότι το ποσοστό του άνθρακα στις οργανικές ενώσεις του εδάφους είναι κατά μέσο όρο 58%.

3.7 Ελεύθερο Ανθρακικό Ασβέστιο

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις. Αρχίζει από ίχνη και φτάνει μέχρι και 70% του συνόλου της μάζας τους. Η πιο διαδεδομένη μορφή ανθρακικού ασβεστίου είναι ο ασβεστίτης $CaCO_3$ και λιγότερο διαδεδομένη ο δολομίτης $CaCO_3 \cdot MgCO_3$. Τα ορυκτά αυτά αποτέλεσαν συστατικά των μητρικών υλικών από τα οποία προέκυψαν τα περισσότερα εδάφη ή πιθανόν να σχηματίστηκαν και δευτερογενώς (ιδίως ο ασβεστίτης).

Περιοχές όπου το ύψος της ετήσιας βροχόπτωσης ήταν μεγάλο, είχε σαν αποτέλεσμα τα ορυκτά να διαλύονται σιγά σιγά και έτσι να προκύπτουν εδάφη με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο. Αντίθετα σε ξηρές περιοχές με μικρά ποσοστά βροχοπτώσεων απομακρυνόταν μόνο μικρό μέρος των ορυκτών με αποτέλεσμα να προκύψουν εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο.

Το $CaCO_3$ το συναντάμε και στα 3 κλάσματα μηχανικής σύστασης του εδάφους (άμμος, ιλύς, άργιλος) με μεγάλες διακυμάνσεις του ποσοστού του στο καθένα από αυτά. Η παρουσία του $CaCO_3$ στο έδαφος αποτελεί εγγύηση ότι δεν κινδυνεύει να οξινισθεί εξαιτίας της χρήσης όξινης αντίδρασης λιπασμάτων. Επίσης όταν εξασφαλίσετε η καλή στράγγιση του εδάφους αποφεύγετε ο κίνδυνος νατρίωσης του από κακής ποιότητας νερού ύδρευσης και τέλος ευνοεί στη δημιουργία καλής δομής στο έδαφος συμβάλλοντας στο σχηματισμό σταθερών συσσωματωμάτων.

Τα προβλήματα που μπορεί να εμφανισθούν στα ασβεστούχα εδάφη (με περιεκτικότητα $CaCO_3$ μεγαλύτερη του 10%) είναι τα εξής:

- α. σχηματισμός κρούστας στην επιφάνεια του εδάφους
- β. δημιουργία σκληρού στρώματος στο υπέδαφος.
- γ. μικρή διαθεσιμότητα P
- δ. μικρή διαθεσιμότητα ιχνοστοιχείων
- ε. προβλήματα διαθεσιμότητας του Mg και K
- στ. τα εδάφη αυτά έχουν μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας (Μισοπολινός, 1991)

Χαμηλή	0-2%
Μέση	2-4%
Υψηλή	>4%

3.7.1 Μέθοδος του Ασβεστόμετρου- Μέθοδος Bernard

Για τον προσδιορισμό του CaCO₃ χρησιμοποιείται η μέθοδος Bernard. Η μέθοδος του ασβεστόμετρου για τον υπολογισμό του ελεύθερου ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος, στηρίζεται στη μέτρηση του όγκου του CO₂ που εκλύεται μετά την αντίδραση διαλύματος HCl με τα ανθρακικά άλατα του εδάφους. Τα όργανα και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Κωνικές φιάλες των 250ml
- Κάψες από πορσελάνη
- Δοκιμαστικοί σωλήνες
- Σταγονόμετρο
- Ασβεστόμετρο
- Αναλυτικός ζυγός
- Θερμόμετρο
- HCl 6N

Πειραματική διαδικασία:

Αρχικά σε κωνική φιάλη προσθέτουμε 0,5 – 10g εδάφους, ανάλογα με την περιεκτικότητα του εδάφους σε ανθρακικό ασβέστιο (γίνεται δοκιμή με προσθήκη σταγόνων HCl σε μικρή ποσότητα εδάφους που βρίσκεται μέσα σε κάψα, ανάλογα με τον αφρισμό που δημιουργείται βγάζουμε συμπέρασμα για την ποσότητα του ανθρακικού ασβεστίου, έντονος αφρισμός μεγάλη συγκέντρωση ασβεστίου στο έδαφος και το αντίθετο). Κρατάμε υπό κλίση την φιάλη ώστε το έδαφος να μαζευτεί σε μια πλευρά και τοποθετούμε έναν δοκιμαστικό σωλήνα γεμάτο ως τα 2/3 με HCl και όρθιο. Το ασβεστόμετρο έχει 3 στρόφιγγες. Οι στρόφιγγες αριθμούνται από αριστερά προς τα δεξιά (1, 2, 3). Αρχικά πρέπει η κόκκινη κουκίδα που έχει η στρόφιγγα 1 να είναι πάνω και η στρόφιγγα 3 δεξιά. Κατόπιν γεμίζουμε τα συγκοινωνούντα δοχεία ως την ένδειξη 30 και γυρίζουμε την στρόφιγγα 1 ώστε η κόκκινη κουκίδα να είναι αριστερά όπως και την στρόφιγγα 3, ταυτόχρονα για την θέση λειτουργίας. Πωματίζουμε καλά την φιάλη με το πώμα του ασβεστόμετρου και αφήνουμε να πέσει αργά το HCl και να διαποτίσει όλο το έδαφος. Εκλύεται CO₂. Αναδεύουμε μέχρι να σταθεροποιηθεί η στάθμη. Έχουμε άνισες στάθμες στους 2 σωλήνες. Για να πάρουμε την ένδειξη γυρίζουμε την στρόφιγγα 1 σιγά – σιγά ώστε η κόκκινη κουκίδα να είναι κάτω και να πάρουμε την ένδειξη στο σημείο όπου οι δύο στήλες ισορροπούν. Γίνεται ανάγνωση της ένδειξης του ασβεστόμετρου και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια η κόκκινη κουκίδα της στρόφιγγας 1 τοποθετείται προς τα πάνω και ξεταπώνουμε το δείγμα. Πέφτει η στάθμη και επαναλαμβάνουμε την διαδικασία για τα επόμενα δείγματα.

Ο τύπος που χρησιμοποιείται είναι :

$$\text{CaCO}_3 \text{ σε g \%} = K \cdot V / B$$

όπου V = ο όγκος του CO₂ που εκλύεται (ml)

B = το βάρος του εδαφικού δείγματος (gr)

K = ο συντελεστής μετατροπής 1 cm³ CO₂ σε gr CaCO₃ έχει

τιμή :

0.44 σε θερμοκρασία 0 οC και πίεση 760 mm Hg

0.42 σε θερμοκρασία 15 οC και πίεση 760 mm Hg

0.41 σε θερμοκρασία 20 οC και πίεση 760 mm Hg

0.40 σε θερμοκρασία 30 οC και πίεση 760 mm Hg

3.8 Προσδιορισμός του αφομοιώσιμου φωσφόρου του εδάφους

Ο φώσφορος που βρίσκεται στο έδαφος συναντάται τόσο σε στερεή φάση, όσο και στο εδαφικό διάλυμα με διάφορες μορφές. Από το συνολικό φώσφορο, μόλις ένα μικρό μέρος (σε ποσοστό περίπου 1%), μπορεί να αφομοιωθεί από τα φυτά.

Οι μορφές με τις οποίες ο φώσφορος απαντάται στη στερεή φάση του εδάφους είναι οι παρακάτω:

- i. Οργανικός φώσφορος. Είναι το 50% περίπου του φωσφόρου της στερεής φάσης. Η συνεισφορά του είναι συνήθως έμμεση οσον αφορά την θρέψη των φυτών, εξαιτίας της ανοργανοποίησης που πρέπει να υποστεί με τη βοήθεια μικροοργανισμών, για να εμφανιστεί στο εδαφικό διάλυμα σε μορφή προσιτή για τα φυτά.
- ii. Δυσδιάλυτες ανόργανες φωσφορικές ενώσεις. Το είδος αυτών των ενώσεων καθορίζεται από το pH των εδαφών. Έτσι στα αλκαλικά εδάφη, όπου κατα κανόνα επικρατεί το ασβέστιο, ο φώσφορος εμφανίζεται με την μορφή φωσφορικού μονοασβεστίου ή φωσφορικού τετρασβεστίου. Στα όξινα εδάφη επικρατούν συνήθως τα ιόντα Fe^{3+} και Al^{3+} . Και ο Στρεγγίτης ή Βαρισκίτης. Η ποσότητα φωσφόρου που λαμβάνεται από τα φυτά από τις ενώσεις αυτές ρυθμίζεται κυρίως από τα γινόμενα διαλυτότητας τους και ο φώσφορος αυτός ανήκει στην κατηγορία του δύσκολα αφομοιώσιμου φωσφόρου.
- iii. Προσροφημένος φώσφορος. Τα συστατικά του εδάφους που είναι υπεύθυνα για την προσρόφηση των φωσφορικών ανιόντων είναι τα ορυκτά της αργίλου, τα ελεύθερα οξείδια του σιδήρου και της αργίλου όπως και το ανθρακικό ασβέστιο. Από τον προσροφημένο φώσφορο ένα μόνο μέρος ελευθερώνει έτσι εύκολα στο εδαφικό διάλυμα ώστε να γίνεται διαθέσιμος στα φυτά, ενώ ο υπόλοιπος συγκρατείται ισχυρά και ανήκει και αυτός στην κατηγορία του δύσκολα αφομοιώσιμου φωσφόρου

3.8.1 Μέθοδος Olsen

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του αφομοιώσιμου φωσφόρου ονομάζεται μέθοδος Olsen.

Τα όργανα και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Σωλήνες φυγόκεντρο
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 50ml
- Ογκομετρικές φιάλες των 100 και 50ml
- Ηθμό Νο 42
- Φυγόκεντρο
- Ηλεκτρικός παλινδρομικός αναδευτήρας
- Φασματοφωτόμετρο
- Σιφώνια 1 και 10ml
- Μικρά χωνιά
- Όξινο ανθρακικό νάτριο ($NaHCO_3$ 0.5M)
- Ενεργός άνθρακας
- Μολυβδαινικό αμμώνιο ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$)
- Αντιμονουλοτριγικό κάλιο ($C_8H_4K_2O_{12}Sb_2 \cdot 3H_2O$)
- Πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4)
- Murphy-Riley
- Διάλυμα ασκορβικού οξέος ($C_6H_8O_6$)
- Διαλύματα KH_2PO_4 των 100ppm και 5ppm.

Πειραματική διαδικασία:

Σε αυτή τη μέθοδο μεταφέρθηκαν σε σωλήνα φυγόκεντρο 2g εδάφους, 0,2g ενεργού άνθρακα και 40ml οξικού ανθρακικού νατρίου (NaHCO_3), ο οποίος τοποθετήθηκε σε ηλεκτρικό παλινδρομικό αναδευτήρα, και αναδευτήκε για 30min. Μετά την ανάδευση τα δείγματα τοποθετήθηκαν στη φυγόκεντρο για 10 min στις 5000rpm. Συλλέχθηκε το εκχύλισμα με τη βοήθεια ηθμού 42° και χωνιού σε

ογκομετρικές φιάλες των 100ml. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν 10ml από το εκχύλισμα σε ογκομετρική φιάλη των 50ml προστέθηκαν και 10 ml διαλύματος ασκορβικού οξέος και συμπληρώθηκε απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή της ογκομετρικής φιάλης. Μετά από 20 min, αφού το διάλυμα έχει μια μπλέ απόχρωση, μετρήθηκε στο φασματοφωτόμετρο στα 882nm. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται για κάθε δείγμα ξεχωριστά.

Βαθμονόμηση φασματοφωτόμετρου:

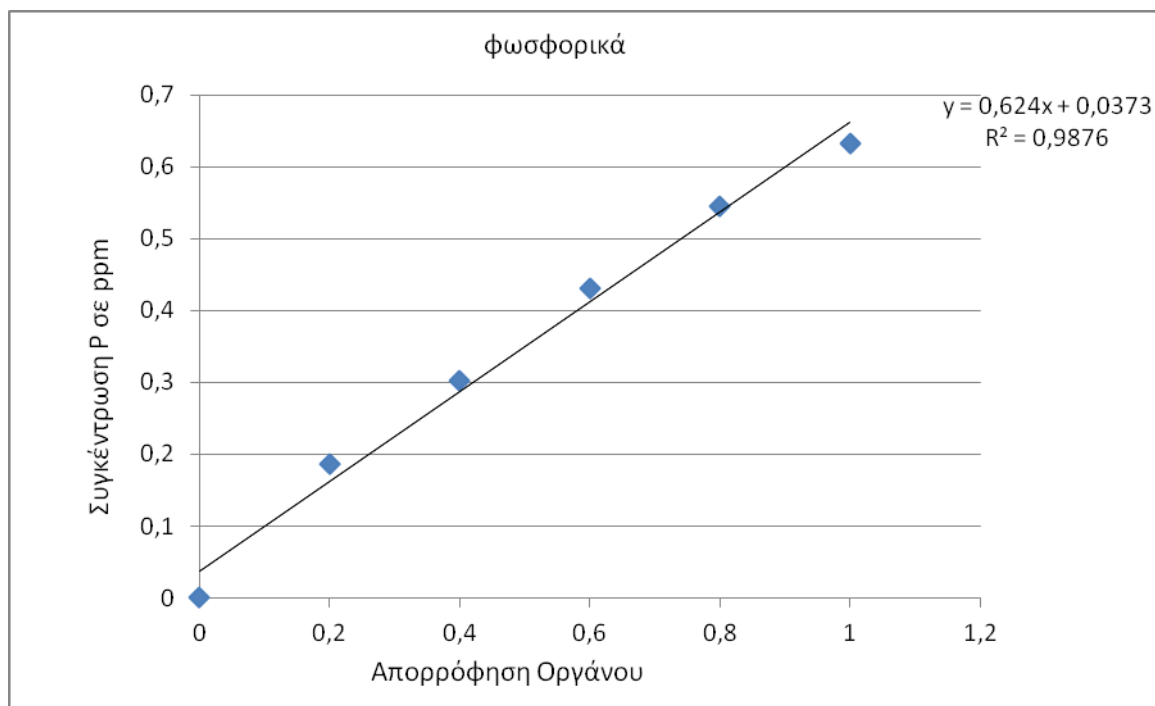
Η βαθμονόμηση είναι απαραίτητη για να μπορέσουμε να πάρουμε τις σωστές μετρήσεις για κάθε δείγμα. Η βαθμονόμηση γίνεται με τη χρήση πρότυπων διαλυμάτων για να δημιουργηθεί καμπύλη αναφοράς η οποία συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων. Η παρασκευή των πρότυπων διαλυμάτων γίνεται ως εξής: Στις έξι ογκομετρικές φιάλες των 50ml που έχουμε προστέθηκαν 0,2,4,6,8,10 αντίστοιχα, από το πρότυπο διάλυμα των 5 ppm. Στη συνέχεια σε κάθε μια προστέθηκαν 10ml NaHCO_3 , 10 ml ασκορβικού οξέος και συμπληρώθηκαν με νερό απιονισμένο. Οι συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων είναι 0-0,2-0,4-0,6-0,8 και 1 αντίστοιχα. Τα διαλύματα αφέθηκαν σε κατάσταση ηρεμίας για 20 λεπτά ώστε να γίνει η ανάπτυξη του χρώματος. Όταν πέρασαν τα 20 λεπτά μετρήθηκαν τα πρότυπα διαλύματα στο φασματοφωτόμετρο και προέκυψαν τα παρακάτω ζεύγη τιμών που παρουσιάζονται στον πίνακα 3.2:

Πίνακας 3.2 Συγκέντρωση P σε σχέση με την απορρόφηση του οργάνου	
Συγκέντρωση P σε ppm	Απορρόφηση οργάνου
0	0
0,2	0,186
0,4	0,302
0,6	0,431
0,8	0,544
1	0,633

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει το διάγραμμα 3.1 που δείχνει την καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου η οποία θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του P.

Τοποθετώντας τα δείγματα στο φασματοφωτόμετρο, καταγράφουμε τις τιμές απορρόφησης και από την εξίσωση που προέκυψε στο παραπάνω διάγραμμα (διάγραμμα 3.1) $y=0,624x + 0,0373$ υπολογίζουμε την συγκέντρωση του φωσφόρου στα διαλύματα. όπου $x=$ η απορρόφηση που δίνει το κάθε δείγμα ξεχωριστά.

Τέλος πολλαπλασιάζουμε το αποτέλεσμα με το 100 για να εκφράσουμε το αποτέλεσμα από τη συγκέντρωση P στο διάλυμα, σε συγκέντρωση P στο έδαφος.



Διάγραμμα 3.1 Καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου

3.9 Ανταλλάξιμα Κατιόντα

Τα κατιόντα π.χ. (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} , H^{+} , Al^{3+}) συγκρατούνται στην επιφάνεια των αρνητικά φορτισμένων κολλοειδών τεμαχιδίων του εδάφους με δυνάμεις κυρίως ηλεκτροστατικές και ανταλλάσσονται με κατιόντα που βρίσκονται στο εδαφικό διάλυμα, σύμφωνα με τους νόμους της χημικής ισορροπίας. Η ύπαρξη αυτής της ισορροπίας έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση των απωλειών των θρεπτικών στοιχείων με το νερό έκπλυσης, αλλά και τον εφοδιασμό του εδαφικού διαλύματος με θρεπτικά στοιχεία, καθώς αυτά απομακρύνονται με την έκπλυση ή με την πρόσληψη τους από τα φυτά.

Σε εδάφη που έχουν υποστεί περιορισμένη έκπλυση μεταξύ των ανταλλάξιμων κατιόντων κυριαρχεί το ασβέστιο και ακολουθεί το μαγνήσιο. Εδάφη όμως που έχουν υποστεί έκπλυση για μεγάλο χρονικό διάστημα έχουν χάσει το μεγαλύτερο ποσοστό του ανταλλάξιμου ασβεστίου και μαγνησίου. Τα ιόντα αυτά συνήθως αντικαθίστονται από υδρογόνο και αργίλιο. (Σινάνης Κ. 2003).

3.9.1 Μέθοδος Οξικού Αμμωνίου

Χρησιμοποιεί σαν εκχυλιστικό μέσο το οξικό αμμώνιο ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$). Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην αντικατάσταση όλων των κατιόντων που είναι προσροφημένα στη στερεή φάση του εδάφους από κατιόντα NH_4 .

Η αντικατάσταση των ανταλλάξιμων κατιόντων γίνεται με την τεχνική των διαδοχικών ανακινήσεων, των φυγοκεντρίσεων και των διηθήσεων ώστε να γίνει η συγκέντρωση του εκχυλίσματος για κάθε δείγμα ξεχωριστά, από τα οποία θα γίνουν οι μετρήσεις της συγκέντρωσης του κάθε ανταλλάξιμου κατιόντος με την βοήθεια του Φλογοφωτόμετρου και του Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με Φλόγα.

Τα υλικά και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Σωλήνες φυγόκεντρου
- Ηλεκτρικός παλινδρομικός αναδευτήρας
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 50ml
- Φυγόκεντρος
- Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης
- Φλογοφωτόμετρο
- Ογκομετρικές φιάλες των 100ml

- Μικρά χωνιά
- Ηθμοί 40ο
- Απιονισμένο νερό και
- Διάλυμα οξικού αμμωνίου.

Η παρασκευή του οξικού αμμωνίου γίνεται σε ογκομετρική φιάλη των 1000ml προσθέτοντας 77,08gr $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ και συμπληρώνοντας την φιάλη με απιονισμένο νερό μέχρι τελικού όγκου.

Πειραματική διαδικασία:

Στους σωλήνες φυγόκεντρο μεταφέρουμε 5 gr εδάφους, 33ml οξικού αμμωνίου και στη συνέχεια τοποθετούμε τους σωλήνες, που περιέχουν το δείγμα μας, στον ηλεκτρικό παλινδρομικό αναδευτήρα για 15 min στις 160rpm ώστε να γίνει η ανάδευση τους. Μετά την ανάδευση τοποθετούμε τα δείγματα στην φυγόκεντρο για 10min στις 5000rpm, συλλέγουμε το εκχύλισμα με την βοήθεια ηθμού 40ο και χωνιού σε ογκομετρικές φιάλες των 100ml και συμπληρώνουμε με νερό. Η παραπάνω διαδικασία γίνεται τρεις φορές.

Από το εκχύλισμα που συλλέγουμε μετράμε με την βοήθεια του Φλογοφωτόμετρου το K^+ και το Na^+ , ενώ με το Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με Φλόγα το Ca^{2+} και το Mg^{2+} .

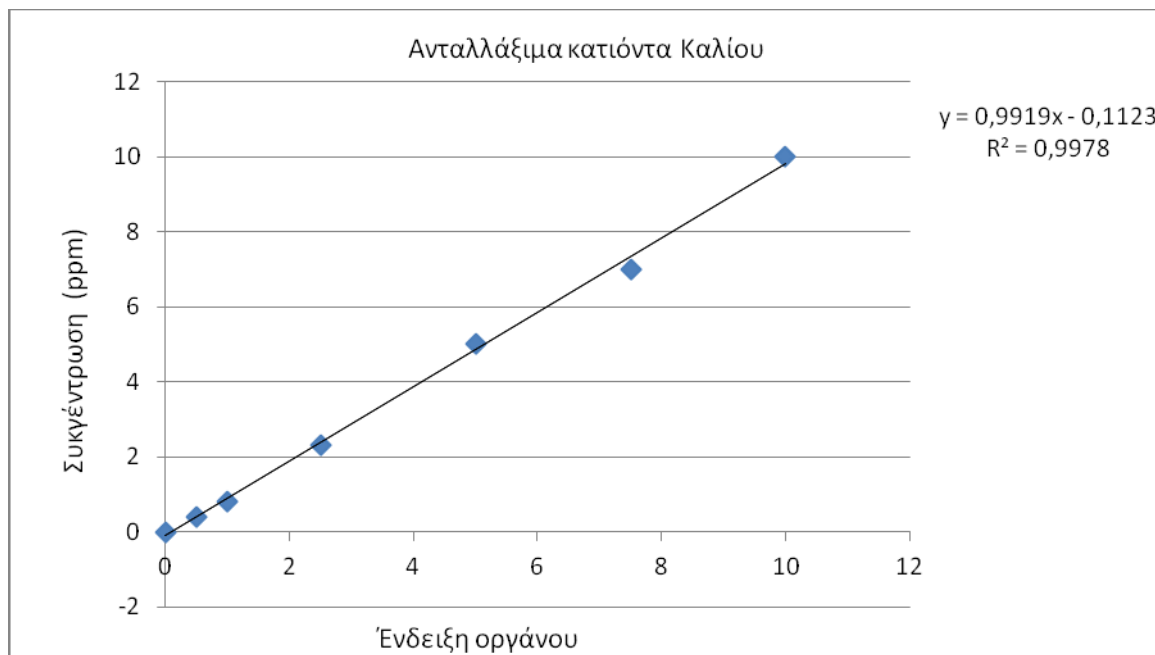
Βαθμονόμηση φλογοφωτόμετρου: για να μπορέσουμε να μετρήσουμε τα δείγματα μας, πρέπει να κάνουμε την βαθμονόμηση του οργάνου. Η βαθμονόμηση γίνεται με την χρήση πρότυπων διαλυμάτων(ΣΤΑΝΤΑΡ) ώστε να χαράξουμε την καμπύλη αναφοράς η οποία συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων. Οι συγκεντρώσεις σε K των πρότυπων διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται για την βαθμονόμηση του οργάνου είναι, 0,2,4,6,8 και 10ppm.

Περνώντας τα διαλύματα αυτά στο όργανο για την μέτρηση του K προκύπτει ο πίνακας 3.3.

Συγκέντρωση K σε ppm	Ένδειξη οργάνου
10	10
7,5	7
5	5
2,5	2,3
1	0,8
0,5	0,4
0	0

Πίνακας 3.3 οι συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων K με τις αντίστοιχες ενδείξεις του οργάνου

Απο τον παραπάνω πίνακα προκύπτει και το διάγραμμα 3.2 που παρουσιάζει την καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του K.



Διάγραμμα 3.2 Καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου

Αφού έχουμε μετρήσει και τα δείγματα στο φασματοφωτόμετρο και καταγράφηκαν και οι ενδείξεις του οργάνου, μπορούμε από την εξίσωση που προέκυψε από το διάγραμμα 3.2 ($y = 0,9919x - 0,1123$) να υπολογίσουμε την συγκέντρωση Κ στα διαλύματα. Όπου (x) = Η ένδειξη του οργάνου για κάθε δείγμα ξεχωριστά.

Τέλος πολλαπλασιάζοντας το αποτέλεσμα με το αποτέλεσμα με την αρραίωση και μετατρέπουμε τα ppm σε mg/100gr.

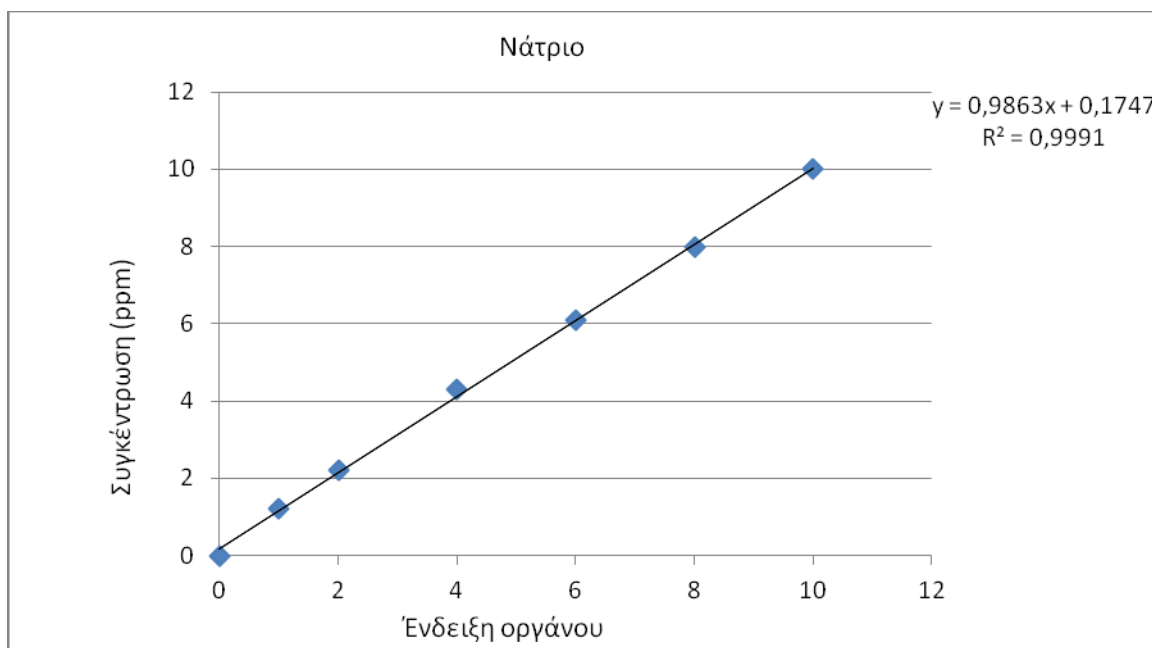
Με το ίδιο εκχύλισμα που χρησιμοποιήσαμε στην παραπάνω διαδικασία για τις μετρήσεις των συγκεντρώσεων των ανταλλάξιμου Καλίου θα μετρήσουμε και τις συγκεντρώσεις του ανταλλάξιμου Νατρίου.

Θα χρειαστεί βαθμονόμηση του οργάνου με πρότυπα διαλύματα όπου οι συγκεντρώσεις τους σε ανταλλάξιμο Νάτριο είναι 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 ppm. Ο πίνακας 3.4 προκύπτει από την βαθμονόμηση του οργάνου χρησιμοποιώντας τα διαλύματα, για την μέτρηση του Νατρίου.

Συγκέντρωση Na (ppm)	Απορρόφηση οργάνου
10	10
8	8
6	6,1
4	4,3
2	2,2
1	1,2
0	0

Πίνακας 3.4 Οι συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων Na με τις αντίστοιχες ενδείξεις του οργάνου.

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει και το διάγραμμα 3.3 που παρουσιάζει την καμπύλη βαθμονόμησης του οργάνου η οποία θα χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό της συγκέντρωσης του Na.



Διάγραμμα 3.3 Καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου

Αφού έχουμε μετρήσει και τα δείγματα στο φασματοφωτόμετρο και καταγράφηκαν και οι ενδείξεις του οργάνου, μπορούμε από την εξίσωση που προέκυψε από το διάγραμμα 3.3 ($y = 0,9863x + 0,1747$) να υπολογίσουμε την συγκέντρωση Na στα διαλύματα. Όπου (x) = Η ένδειξη του οργάνου για κάθε δείγμα ξεχωριστά.

Τέλος πολλαπλασιάζοντας το αποτέλεσμα με την αραιώση και μετατρέπουμε τα ppm σε meq/100gr.

Βαθμονόμηση Φασματοφωτόμετρου Ατομικής Απορρόφησης με Φλόγα :

Για να μετρήσουμε τις συγκεντρώσεις των δειγμάτων μας σε Ca^{2+} και Mg^{2+} θα πρέπει αρχικά να γίνει βαθμονόμηση του οργάνου. Η βαθμονόμηση πραγματοποιείται με την χρήση πρότυπων διαλυμάτων (standars). Στα πρότυπα διαλύματα η συγκέντρωση Ca^{2+} και Mg^{2+} είναι γνωστή. Με αυτόν τον τρόπο θα χαράξουμε τις καμπύλες βαθμονόμησης ξεχωριστά για κάθε κατιόν (Ca^{2+} , Mg^{2+}) οι οποίες θα συνδέουν τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων.

Όταν ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση του οργάνου θα εμφανιστεί στην οθόνη που είναι συνδεδεμένο το φασματοφωτόμετρο η καμπύλη βαθμονόμησης του οργάνου. Στη συνέχεια τοποθετούμε τα δείγματα μας κάθε ένα ξεχωριστά στο φασματοφωτόμετρο και γίνετε αυτόματα ο υπολογισμός της συγκέντρωσης του δείγματος σε Ca^{2+} με βάση την καμπύλη βαθμονόμησης.

Αφού μετρήσουμε τις συγκεντρώσεις του Ca^{2+} , ξανακάνουμε βαθμονόμηση του οργάνου περνώντας τώρα τα πρότυπα διαλύματα με γνωστές συγκεντρώσεις σε Mg^{2+} . Περνάμε ένα-ένα τα δείγματα μας και έχουμε τον αυτόματο υπολογισμό της συγκέντρωσης του μαγνησίου. Στην συνέχεια πολλαπλασιάζουμε τα αποτελέσματα και των δύο στοιχείων που έχουμε μετρήσει με την αραιώση που τους έχει γίνει και μετατρέπουμε τα ppm σε meq / 100gr εδάφους.

3.10 Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων Ι.Α.Κ

Η ικανότητα των εδαφών να συγκρατούν και να ανταλλάσσουν τα κατιόντα χαρακτηρίζεται σαν ιονική ανταλλαγή. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα βρίσκονται σε χημική ισορροπία με τα κατιόντα του εδαφικού διαλύματος. Σε περίπτωση που διαταραχθεί η ισορροπία αυτή (απομάκρυνση μέσω των φυτών ή έκπλυση, ή προσθήκη λιπασμάτων) παρατηρείται μετακίνηση κατιόντων από ή προς τη στερεή φάση προκειμένου να αποκατασταθεί η ισορροπία.

Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων είναι ίσως η σημαντικότερη φυσικοχημική ιδιότητα, γιατί αποτρέπει τις απώλειες θρεπτικών στοιχείων μέσω του νερού στράγγισης. Γενικά τα αμμώδη εδάφη που δεν περιέχουν σε μεγάλο βαθμό άργιλο και που είναι φτωχά σε οργανική ουσία εκδηλώνουν μικρή I.A.K. και δεν μπορούν να συγκρατήσουν ανταλλάξιμα κατιόντα σε μεγάλες ποσότητες, σε αντίθεση με τα αργιλώδη εδάφη. (Σινάνης 2003)

Το μέγεθος της, που εκφράζεται σε meq / 100gr, εξαρτάται από την περιεκτικότητα των εδαφών σε άργιλο, από την ορυκτολογική σύσταση της αργίλου, από την περιεκτικότητα τους σε οργανική ουσία και από το pH τους.

3.10.1 Μέθοδος προσδιορισμού της I.A.K

Η μέθοδος αυτή ολοκληρώνεται σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο επιδιώκεται ο κορεσμός όλων των θέσεων ανταλλαγής της στερεής φάσης με ένα κατιόν δείκτη. Στο δεύτερο στάδιο επιδιώκεται η έκπλυση της περίσσειας του δείκτη. Στο τρίτο στάδιο επιδιώκεται αντικατάσταση του κατιόν δείκτη, από άλλο κατιόν, παραλαβή του εδαφικού διαλύματος που περιέχει το κατιόν δείκτη και μέτρηση της συγκέντρωσης του με την βοήθεια του φλογοφωτόμετρου.

Τα όργανα και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- Ογκομετρικός κύλινδρος των 50ml
- Σωλήνες φυγόκεντρου
- Ηλεκτρικός παλινδρομικός αναδευτήρας
- Φυγόκεντρος
- Μικρά χωνιά
- Ηθμοί Νο 40
- Ογκομετρικές φιάλες των 100ml
- Απιονισμένο νερό
- Αιθανόλη
- Οξικό αμμώνιο ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$)
- Οξικό νάτριο ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)

Πειραματική διαδικασία:

1ο στάδιο : Στους σωλήνες φυγόκεντρου προσθέτουμε, για κάθε δείγμα ξεχωριστά, 5gr εδάφους και 33ml οξικού νατρίου. Τοποθετούμε τους σωλήνες στον ηλεκτρικό παλινδρομικό αναδευτήρα και τον ρυθμίζουμε στα 15 λεπτά στις 160 rpm για ανάδευση. Στη συνέχεια γίνεται η φυγοκέντρωση τους , στις 5000 rpm για 10 λεπτά και άδειασμα του εκχυλίσματος χωρίς να χάσουμε εδαφικό δείγμα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται άλλες 2 φορές.

2ο στάδιο : Στους σωλήνες φυγόκεντρου που περιέχουν είδη τα κορεσμένα εδαφικά μας δείγματα, προσθέτουμε 33ml αιθανόλη. Τοποθετούμε τους σωλήνες στον ηλεκτρικό παλινδρομικό αναδευτήρα για 15 λεπτά στις 160 rpm Στη συνέχεια γίνεται η φυγοκέντρωση τους , στις 5000 rpm για 10 λεπτά και άδειασμα του εκχυλίσματος χωρίς να χάσουμε εδαφικό δείγμα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται άλλες 2 φορές.

3ο στάδιο : Στους σωλήνες φυγόκεντρου που περιέχουν είδη τα ξεπλυμένα εδαφικά μας δείγματα από την περίσσεια του Na , προσθέτουμε 33ml οξικού αμμωνίου. Τοποθετούμε τους σωλήνες στον ηλεκτρικό παλινδρομικό αναδευτήρα για 15 λεπτά στις 160 rpm Στη συνέχεια γίνεται η φυγοκέντρωση τους , στις 5000 rpm για 10 λεπτά και συλλογή του εκχυλίσματος σε ογκομετρικές φιάλες των 100ml με τη βοήθεια μικρών χωνιών και ηθμών 40ο χωρίς να χάσουμε εδαφικό δείγμα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται άλλες 2 φορές.

Τα εκχυλίσματα που συλλέξαμε τα μετράμε στο φλογοφωτόμετρο και μετράμε τις συγκεντρώσεις του Na σε κάθε ένα από αυτά.

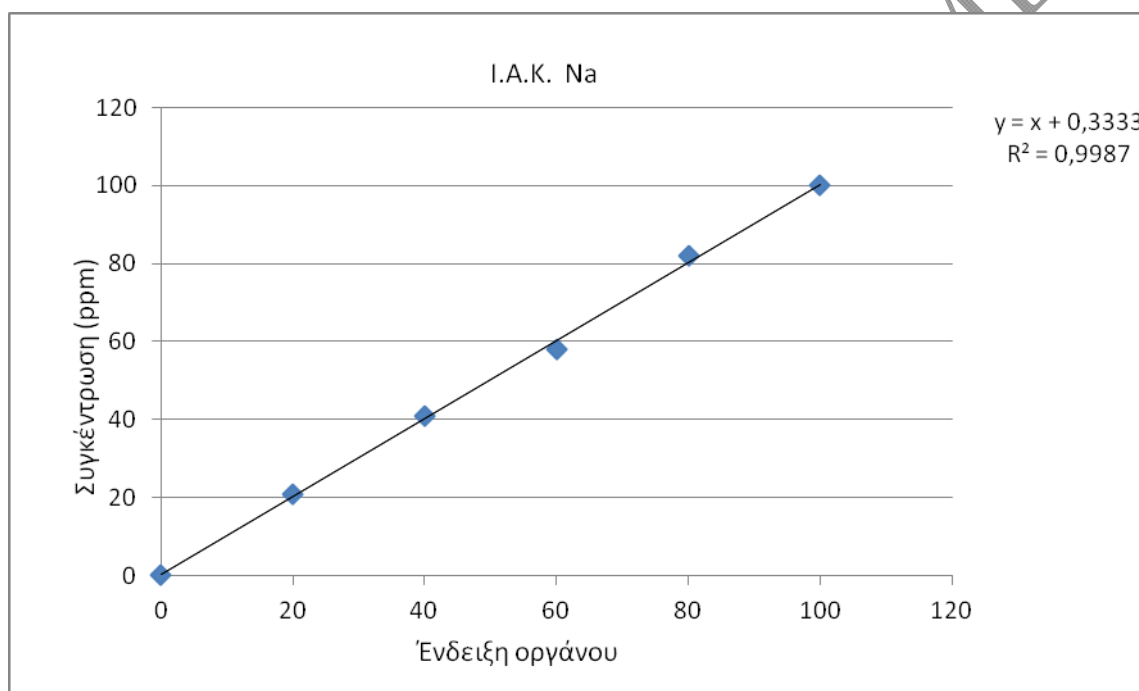
Βαθμονόμηση φλογοφωτόμετρου: για να μπορέσουμε να μετρήσουμε τα δείγματα μας, πρέπει να κάνουμε την βαθμονόμηση του οργάνου. Η βαθμονόμηση γίνεται με την χρήση πρότυπων διαλυμάτων(ΣΤΑΝΤΑΡ) ώστε να χαράξουμε την καμπύλη αναφοράς η οποία συνδέει τις ενδείξεις του οργάνου με τις συγκεντρώσεις των διαλυμάτων. Οι συγκεντρώσεις σε Na των πρότυπων διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται για την βαθμονόμηση του οργάνου είναι,0,20,40,60,80 και100ppm.

Περνώντας τα διαλύματα αυτά στο όργανο, για την μέτρηση του Na προκύπτει ο πίνακας 3.5:

Συγκέντρωση Na(ppm) standars	Ένδειξη οργάνου
0	0
20	21
40	41
60	58
80	82
100	100

Πίνακας 3.5 Συγκεντρώσεις των πρότυπων διαλυμάτων Na με τις αντίστοιχες ενδείξεις του οργάνου.

Απο τον παραπάνω πίνακα προκύπτει και το διάγραμμα 3.4 που παρουσιάζει την καμπύλη βαθμονόμησης του οργάνου η οποία θα χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό της συγκέντρωσης του Na.



Διάγραμμα 3.4 Καμπύλη βαθμονόμησης οργάνου

Αφού έχουμε μετρήσει και τα δείγματα στο φασματοφωτόμετρο και καταγράφηκαν και οι ενδείξεις του οργάνου, μπορούμε από την εξίσωση που προέκυψε από το διάγραμμα 3.4 ($y = 1x + 0,3333$) να υπολογίσουμε την συγκέντρωση Na στα διαλύματα. Όπου (x) = Η ένδειξη του οργάνου για κάθε δείγμα ξεχωριστά.

Τέλος πολλαπλασιάζουμε με την αραιώση που έχει γίνει στο κάθε δείγμα και μετατρέπουμε τα ppm σε mg / 100gr εδάφους.

3.11 Προσδιορισμός αφομοιώσιμων μορφών Βαρέων Μετάλλων με DTPA

Με αυτή την μέθοδο υπολογίζονται οι αφομοιώσιμες μορφές των μετάλλων. Οι αφομοιώσιμες μορφές είναι οι μορφές εκείνες που είναι διαθέσιμες για τα φυτά (αφορούν άμεσα και την γονιμότητα) και είναι: μέταλλα διαλυμένα στο νερό, ανταλλάξιμα και προσροφημένα στην οργανική ουσία.

Τα υλικά και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι :

- Σωλήνες φυγόκεντρου
- Ογκομετρικές φιάλες των 25ml
- Μικρά χωνιά

- Ηθμοί NO 42
- Ηλεκτρικός παλινδρομικός αναδευτήρας
- Φυγόκεντρο
- Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης
- Απιονισμένο νερό
- Διάλυμα DTPA 0,05M

Πειραματική διαδικασία:

Στους σωλήνες φυγόκεντρου προσθέτουμε, για κάθε δείγμα ξεχωριστά, 10gr εδάφους και 20ml DTPA. Τοποθετούμε τους σωλήνες στον ηλεκτρικό παλινδρομικό αναδευτήρα και τον ρυθμίζουμε στα 150 λεπτά στις 160 rpm για ανάδευση. Στη συνέχεια γίνεται η φυγοκεντρική τους, στις 5000 rpm για 10 λεπτά, συλλέγουμε τα εκχύλισμα σε ογκομετρικές φιάλες των 25ml με τη βοήθεια των χωνιών και των ηθμών 42ο και συμπληρώνουμε τις φιάλες με απιονισμένο νερό μέχρι τελικού όγκου.

Τις αφομοιώσιμες μορφές των μετάλλων που βρίσκονται στο εκχύλισμα τις μετράμε με το Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με Φλόγα (Lindsay et al, 1978).

3.11 Προσδιορισμός ολικών μορφών Βαρέων Μετάλλων

Τα υλικά και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι :

- Κωνικές φιάλες των 250ml
- Συσκευή υγρής καύσης
- Ψυκτήρες
- Ογκομετρικές φιάλες των 50ml
- Ογκομετρικός κύλινδρος των 50ml
- Μικρά χωνιά
- Ηθμοί NO 42
- Επαγωγός
- Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με Φλόγα
- Απιονισμένο νερό και
- Το διάλυμα Aqua Regia

Πειραματική διαδικασία :

Ζυγίζουμε 1gr εδάφους για κάθε εδαφικό δείγμα και το αδειάζουμε μέσα στις κωνικές φιάλες των 250ml. Μεταφέρουμε τις κωνικές φιάλες κάτω από τον επαγωγό και προσθέτουμε σιγά-σιγά τα 15ml Aqua Regia.

Στην συνέχεια τοποθετούμε τις κωνικές πάνω στις θερμαινόμενες πλάκες (συσκευή υγρής καύσης) και κλείνουμε τα στόμια τους με τους ψυκτήρες. Ανοίγουμε πρώτα το νερό που τρέχει μέσα στους ψυκτήρες και αφού ρυθμίσουμε την παροχή του, ανοίγουμε την θέρμανση στους 140 °C. Τα δείγματα αφήνονται πάνω στις θερμαινόμενες πλάκες για 16 ώρες. Αφού περάσουν οι 16 ώρες, κλείνουμε την θέρμανση και αφήνουμε το νερό που ρέει μέσα στους ψυκτήρες ανοιχτώ, περίπου 20 λεπτά, ώστε να κρυώσουν οι κωνικές.

Στις ογκομετρικές φιάλες των 50ml, τοποθετούμε τα χωνιά και τους ηθμούς 42ο και αδειάζουμε τα διαλύματα που περιέχουν οι κωνικές φιάλες μετά την υγρή καύση. Στην συνέχεια ξεπλένουμε καλά τις κωνικές και αδειάζουμε τα περιεχόμενα τους, στις ογκομετρικές φιάλες. Ξεπλένουμε καλά τους ηθμούς και τα χωνιά και συμπληρώνουμε τις ογκομετρικές φιάλες με απιονισμένο νερό μέχρι τελικού όγκου.

Τα δείγματα τα μετράμε με το φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης με φλόγα αφού πρώτα γίνει η βαθμονόμηση του οργάνου με πρότυπα διαλύματα που περιέχουν γνωστές συγκεντρώσεις από τα μέταλλα που μετράμε (Gasparatos et al, 2001).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Στον πίνακα που ακολουθεί συμπεριλαμβάνονται τα αποτελέσματα από τη μηχανική ανάλυση των δειγμάτων:

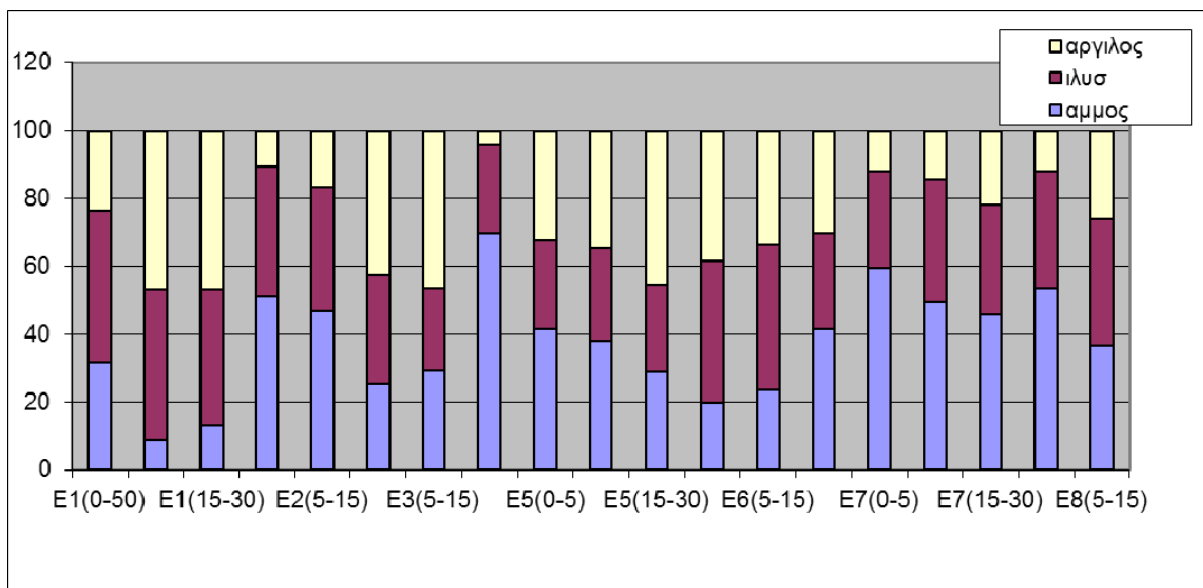
4.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πίνακας 4.1 Μηχανική σύσταση των μελετηθέντων εδαφών

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ				
ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΑΜΜΟΣ%	ΙΛΥΣ%	ΑΡΓΙΛΟΣ%	ΟΝΟΜΑΣΙΑ
E1(0-5cm)	31,9	44,36	23,74	ΠΗΛΩΔΗΣ
E1(5-15cm)	8,96	44,36	46,68	ΙΛΥΟΑΡΓΙΛΛΩΔΗΣ
E1(15-30cm)	12,96	40,3	46,74	ΙΛΥΟΑΡΓΙΛΛΩΔΗΣ
E2(0-5cm)	50,96	38,48	10,56	ΠΗΛΩΔΗΣ
E2(5-15cm)	46,84	36,54	16,62	ΠΗΛΩΔΗΣ
E3(0-5cm)	25,38	32,12	42,5	ΑΡΓΙΛΛΩΔΗΣ
E3(5-15cm)	29,38	24,12	46,5	ΑΡΓΙΛΛΩΔΗΣ
E4(0-5cm)	69,74	25,88	4,38	ΑΜΜΟΠΗΛΩΔΗΣ
E5(0-5cm)	41,74	25,82	32,44	ΑΡΓΙΛΛΟΠΗΛΩΔΗΣ
E5(5-15cm)	37,92	27,7	34,38	ΑΡΓΙΛΛΟΠΗΛΩΔΗΣ
E5(15-30cm)	28,86	25,82	45,32	ΑΡΓΙΛΛΩΔΗΣ
E6(0-5cm)	19,92	41,76	38,32	ΙΛΥΟΠΗΛΩΔΗΣ
E6(5-15cm)	23,62	43	33,38	ΑΡΓΙΛΛΟΠΗΛΩΔΗΣ
E6(15-30cm)	41,5	28,12	30,38	ΑΡΓΙΛΛΟΠΗΛΩΔΗΣ
E7(0-5cm)	59,66	28,3	12,04	ΑΜΜΟΠΗΛΩΔΗΣ
E7(5-15cm)	49,72	35,9	14,38	ΠΗΛΩΔΗΣ
E7(15-30cm)	45,9	32,42	21,68	ΠΗΛΩΔΗΣ
E8(0-5cm)	53,54	34,42	12,04	ΠΗΛΩΔΗΣ
E8(5-15cm)	36,84	37,24	25,92	ΠΗΛΩΔΗΣ

Για την κατάταξη του εδάφους σε κατηγορίες μηχανικής σύστασης χρησιμοποιήθηκε το τρίγωνο μηχανικής σύστασης και με την βοήθεια των αποτελεσμάτων από την χρήση της μεθόδου Βουγιούκου όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1 τα εδάφη μας κατατάσσονται στις ομάδες μέσης και βαριάς σύστασης.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται η εκατοστιαία περιεκτικότητα των 3 κλασμάτων που προέκυψαν από την μηχανική ανάλυση των δειγμάτων των εδαφών.



Διάγραμμα 4.1 Μηχανική ανάλυση των μελετηθέντων εδαφών

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα 4.1 το κλάσμα που υπερτερεί στην πλειοψηφία των εδαφικών δειγμάτων είναι η άμμος με μεγίστη τιμή 69,74% στο εδαφικό δείγμα E₁(0-5cm) και με ελάχιστη τιμή 8,96% στο δείγμα E₁(5-15cm).

Εκτός των δειγμάτων όπου υπερτερεί η ιλύς εκ των οποίων τα κλάσματα με το μεγαλύτερο ποσοστό είναι τα εξής: E₁(0-5) 44,36%, E₆(0-5) 41,76%, E₆(5-15) 43%, E₈(5-15) 37,24%. Επίσης εξαιρούνται τα δείγματα E₁(5-15), E₁(15-30), E₃(0-5), E₃(5-15), E₅(15-30) στα οποία το κλάσμα με το μεγαλύτερο ποσοστό είναι η άργιλος με :46,68%, 46,74%, 42,5%, 46,5%, 45,32% αντίστοιχα.

4.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

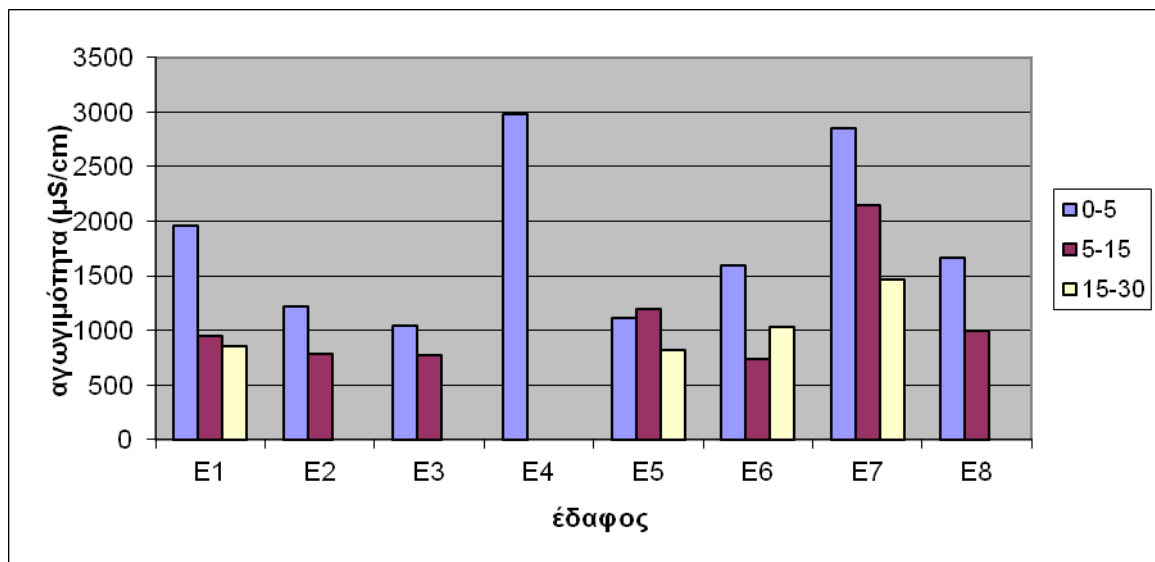
Στον πίνακα 4.2 φαίνονται τα εύρη τιμών και οι μέσοι όροι της αγωγιμότητας για κάθε βάθος δειγματοληψίας στα εδάφη της βιομηχανικής περιοχής Ηρακλείου

Πίνακας 4.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα μελετηθέντων εδαφών

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	
ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
E1(0-5cm)	1959
E1(5-15cm)	943
E1(15-30cm)	856
E2(0-5cm)	1220
E2(5-15cm)	787
E3(0-5cm)	1044
E3(5-15cm)	776
E4(0-5cm)	2980
E5(0-5cm)	1111
E5(5-15cm)	1193
E5(15-30cm)	825
E6(0-5cm)	1598
E6(5-15cm)	732
E6(15-30cm)	1035
E7(0-5cm)	2850
E7(5-15cm)	2150
E7(15-30cm)	1460
E8(0-5cm)	1664
E8(5-15cm)	1000

Από τον πίνακα της αγωγιμότητας συμπεραίνουμε ότι, στο επιφανειακό έδαφος (0-5cm) η αγωγιμότητα χαρακτηρίζεται υψηλή ενώ στα βάθη 5-15cm και 15-30cm χαρακτηρίζεται ως μέτρια.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζονται οι μέσες τιμές της αγωγιμότητας για τα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων της ΒΙ.ΠΕ Ηρακλείου.

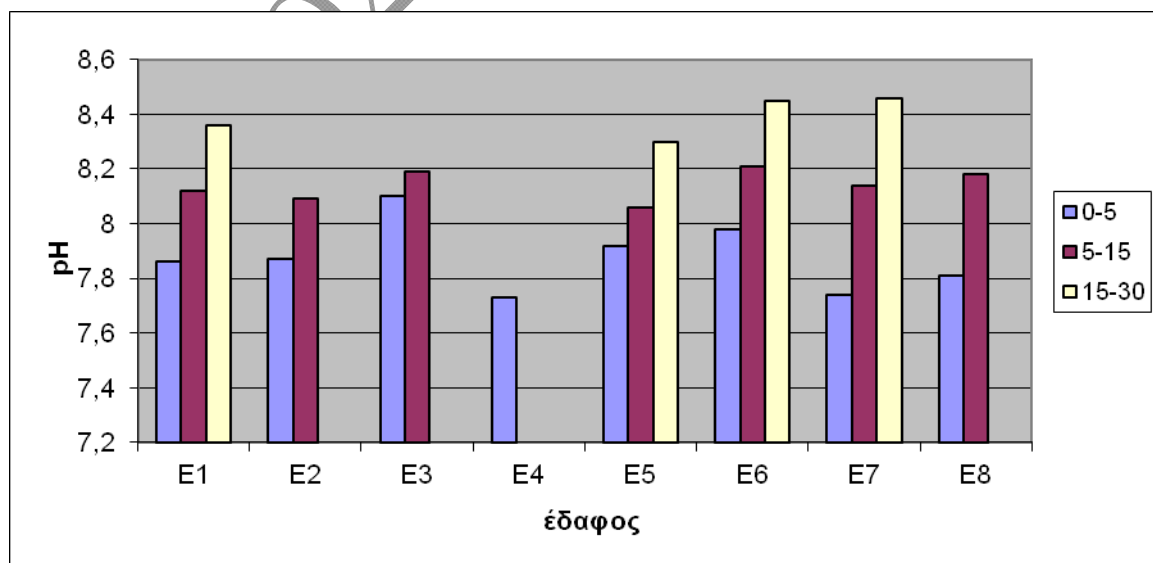


Διάγραμμα 4.2 Κατανομή μέσου όρου αγωγιμότητας στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων.

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι, η μεγαλύτερη τιμή της αγωγιμότητας εμφανίζεται στο επιφανειακό έδαφος στο οποίο έχουμε και την μεγαλύτερη συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών αλάτων.

4.3 pH 1:1

Το παρακάτω διάγραμμα 4.3 δείχνει τις τιμές του pH 1:1 που προκύπτουν από τα εδάφη της ΒΙ.ΠΕ Ηρακλείου



Διάγραμμα 4.3 Κατανομή μέσου όρου pH 1:1 στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων.

Η χαμηλότερη τιμή του pH 1:1 βρίσκεται στο επιφανειακό έδαφος E(0-5) στο οποίο έχουμε και το μεγαλύτερο ποσοστό της οργανικής ουσίας. Η μεγαλύτερη τιμή του pH βρίσκεται σε βάθος 15-30 cm στο οποίο έχουμε το μικρότερο ποσοστό οργανικής ουσίας, όπως προκύπτει και από το αντίστοιχο διάγραμμα. Η οργανική ουσία παίζει σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση του pH, λόγω του ότι η υψηλή συγκέντρωση οργανικής ουσίας προκαλεί όξινα εδάφη.

Πίνακας 4.3 pH 1:1

PH	
ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	PH
E1(0-5cm)	7,86
E1(5-15cm)	8,12
E1(15-30cm)	8,36
E2(0-5cm)	7,87
E2(5-15cm)	8,09
E3(0-5cm)	8,1
E3(5-15cm)	8,19
E4(0-5cm)	7,73
E5(0-5cm)	7,92
E5(5-15cm)	8,06
E5(15-30cm)	8,3
E6(0-5cm)	7,98
E6(5-15cm)	8,21
E6(15-30cm)	8,45
E7(0-5cm)	7,74
E7(5-15cm)	8,14
E7(15-30cm)	8,46
E8(0-5cm)	7,81
E8(5-15cm)	8,18

Οι τιμές του pH 1:1 που προκύπτουν από τον παραπάνω πίνακα, χαρακτηρίζουν το επιφανειακό έδαφος (0-5cm) ως μέσο αλκαλικό ενώ τα εδαφικά δείγματα σε βάθος 5-15cm και 15-30cm ως ισχυρώς αλκαλικά.

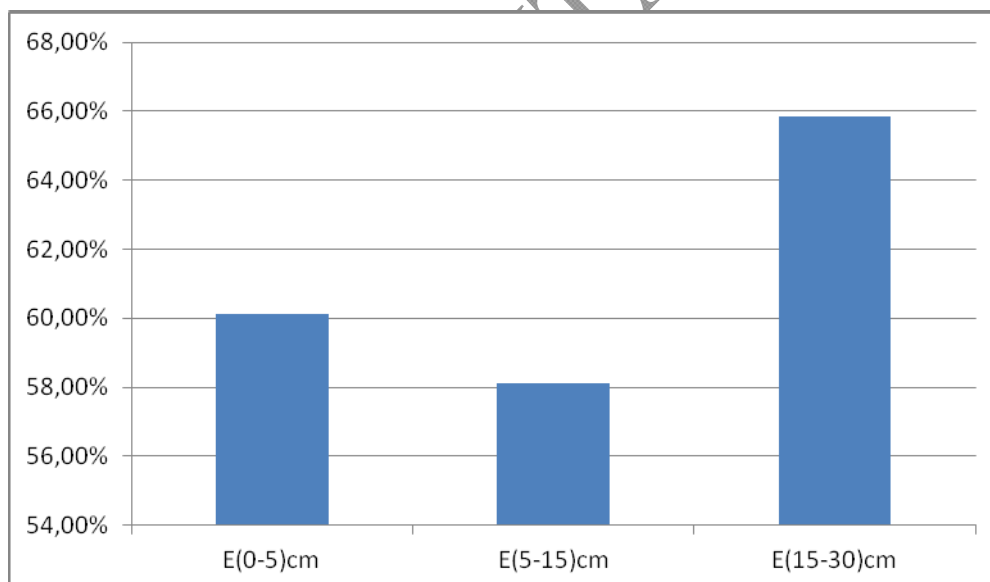
4.4 Ελεύθερο Ανθρακικό Ασβέστιο

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τους μέσους όρους και τα εύρη τιμών του Ελεύθερου Ανθρακικού Ασβεστίου (Ε.Α.Α) για τα τρία βάθη στα εδάφη της βιομηχανικής περιοχής Ηρακλείου.

Από τα αποτελέσματα που βλέπουμε στον πίνακα 4.4 βλέπουμε ότι το ποσοστό του μέσου όρου του ανθρακικού ασβεστίου ξεπερνάει και στα 3 βάθη εδαφών το 10% με αποτέλεσμα τα εδάφη να χαρακτηρίζονται ως ασβεστούχα. Η υπέρβαση αυτού του ορίου επηρεάζει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, την διαθεσιμότητα αλλά και την απορρόφηση των Από το παραπάνω διάγραμμα το ποσοστό του ελεύθερου ανθρακικού ασβεστίου μειώνεται σε βάθος εδάφους 5-15 cm αλλά αυξάνεται κατακόρυφα σε πιο βαθιά εδάφη. Αναγκαίων θρεπτικών συστατικών που απαιτούνται για την ομαλή ανάπτυξη των φυτών.

Πίνακας 4.4 Στατιστικές παράμετροι ελεύθερου ανθρακικού ασβεστίου

ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ	
ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	CaCO ₃ %
E1(0-5cm)	58,34
E1(5-15cm)	67,735
E1(15-30cm)	73,635
E2(0-5cm)	84
E2(5-15cm)	90,022
E3(0-5cm)	15,557
E3(5-15cm)	1,151
E4(0-5cm)	76
E5(0-5cm)	41,12
E5(5-15cm)	41,92
E5(15-30cm)	37,2
E6(0-5cm)	89,59
E6(5-15cm)	79,45
E6(15-30cm)	78,44
E7(0-5cm)	70,79
E7(5-15cm)	75,6
E7(15-30cm)	74,07
E8(0-5cm)	45,68
E8(5-15cm)	50,96

**Διάγραμμα 4.4** Κατανομή μέσου όρου Ε.Α.Α στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων.

4.5 Αφομοιώσιμος φώσφορος

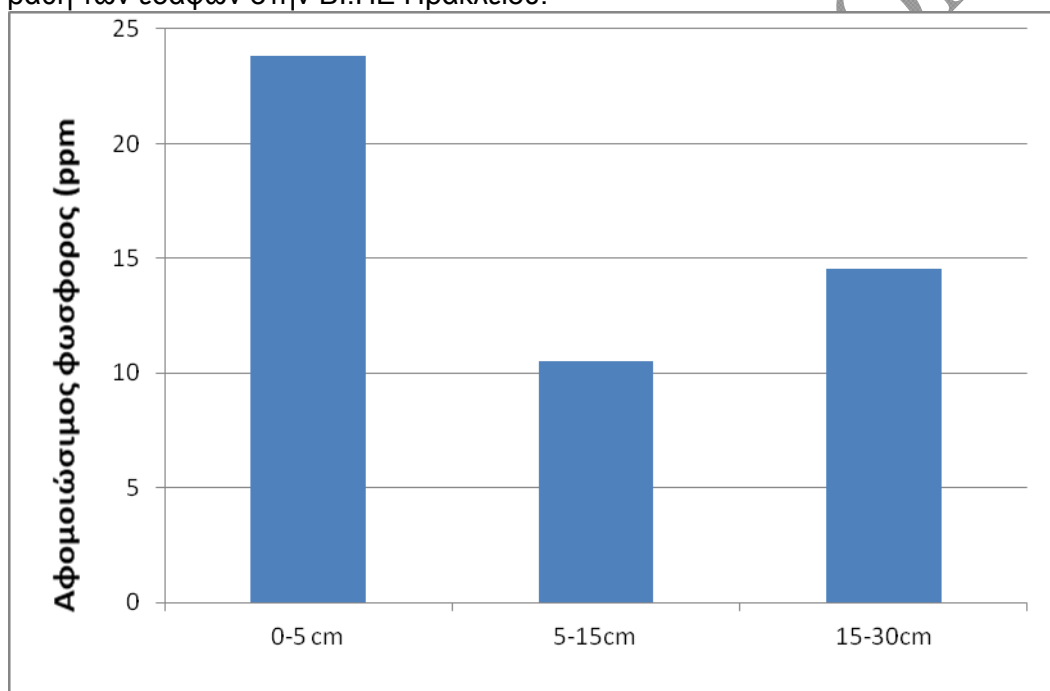
Στον Πίνακα 4.5 απεικονίζονται οι στατιστικές παράμετροι του αφομοιώσιμου φωσφόρου σε 3 διαφορετικά βάθη στην βιομηχανική περιοχή Ηρακλείου.

Πίνακας 4.5 Στατιστικές παράμετροι αφομοιώσιμου φωσφόρου

Αφομοιώσιμος φωσφορος (ppm)		
Βάθη	Εύρος τιμών	Μέσος όρος
0-15	0,052-0,426	23,8
5-15	0,019-0,225	10,53
15-30	0,034-0,163	14,52

Στον Πίνακα 4.5 βλέπουμε ότι οι μέσοι όροι του αφομοιώσιμου φωσφόρου κυμαίνονται από 10,53-23,8 ppm. Με βάση αυτές τις τιμές και σύμφωνα με τους Έλληνες ερευνητές, εδάφη με συγκεντρώσεις αφομοιώσιμου φωσφόρου μικρότερες από 10ppm χαρακτηρίζονται ως φτωχά και αυτά με συγκεντρώσεις από 10- 15ppm χαρακτηρίζονται ως μέτρια επίπεδα επάρκειας. (Τσαπικούνης Φ.2004).

Το διάγραμμα που ακολουθεί μας δείχνει την κατανομή της συγκέντρωσης των μέσων όρων του αφομοιώσιμου φωσφόρου που προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα σε σχέση με τα βάθη των εδαφών στην ΒΙ.ΠΕ Ηρακλείου.



Διάγραμμα 4.5 Κατανομή μέσου όρου του αφομοιώσιμου φωσφόρου στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων.

Στο διάγραμμα 4.5 βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη συγκέντρωση του αφομοιώσιμου φωσφόρου εντοπίζεται στο επιφανειακό δείγμα εδάφους (0-5cm) αυτό οφείλεται στη μεγάλη συγκέντρωση του στο επιφανειακό έδαφος μπορεί να είναι και η ύπαρξη της οργανικής ουσίας η οποία αυξάνει την διαλυτότητα του φωσφορου. (Τσαπικούνης 2004).

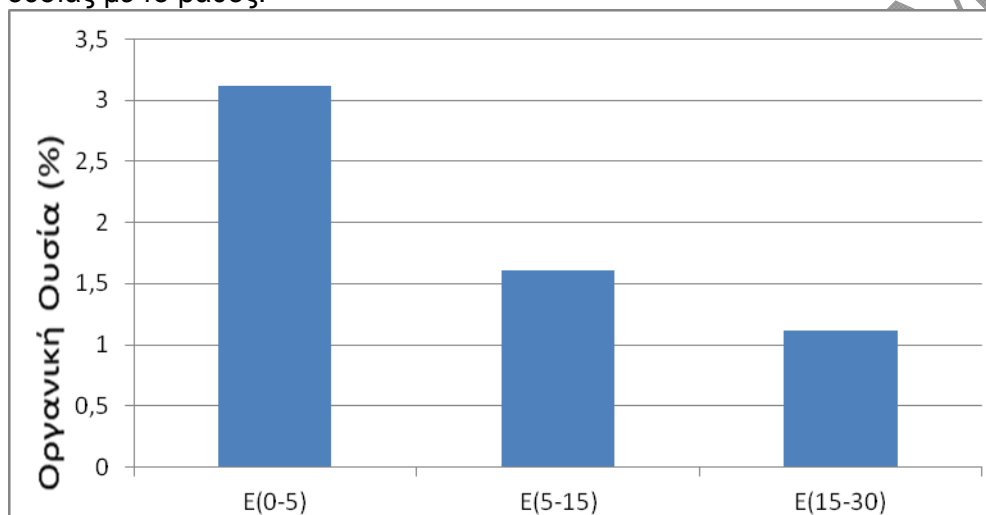
4.6 Οργανική ουσία

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα εύρη τιμών και οι μέσοι όροι για την οργανική ουσία που βρέθηκε στα εδάφη της Βιομηχανικής περιοχής Ηρακλείου.

Πίνακας 4.6 Στατιστικές παράμετροι Οργανικής Ουσίας

Οργανική ουσία (%)		
	Ευρος τιμών	Μέσοι όροι
E(0-5)	0,737-5,126	3,119
E(5-15)	0,804-2,881	1,608
E(15-30)	0,402-1,575	1,114

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία εδάφη όπου η τιμή της οργανικής ουσίας κυμαίνεται μεταξύ 2-4% χαρακτηρίζονται ως μέτρια (Σινάνης 2003). Έτσι από τον μέσο όρο των τιμών που βλέπουμε στον πίνακα 4.6, παρατηρούμε ότι τα ποσοστά είναι μικρότερα του 3% με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζονται ως μέτρια και χαμηλά σε οργανική ουσία. Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται διαγραμματικά η κατανομή του μέσου όρου οργανικής ουσίας με το βάθος.

**Διάγραμμα 4.6** Κατανομή μέσου όρου οργανικής ουσίας στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων.

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της οργανικής ουσίας βρίσκεται στο επιφανειακό έδαφος και με την αύξηση του βάθους δειγματοληψίας το ποσοστό οργανικής ουσίας μειώνεται. Το επιφανειακό έδαφος είναι πλουσιότερο σε οργανική ουσία εξαιτίας του ότι είναι ο άμεσος αποδέκτης ζωικών και φυτικών υπολειμμάτων που παραμένουν στην επιφάνεια αρκετό καιρό μέχρι να πραγματοποιηθεί η ανοργανοποίηση της (Σινάνης, 2003).

Επίσης με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης και η οργανική ουσία των μελετηθέντων εδαφών μειώνεται με το βάθος. Η μείωση της οργανικής ουσίας με το βάθος δηλώνει ότι το έδαφος είναι αδιατάρακτο κατά μήκος του εδαφικού προφίλ (Yassoglou et al., 1987). Συνεπώς τα μελετηθέντα εδάφη της ΒΙ.ΠΕ Ηρακλείου είναι αδιατάρακτα.

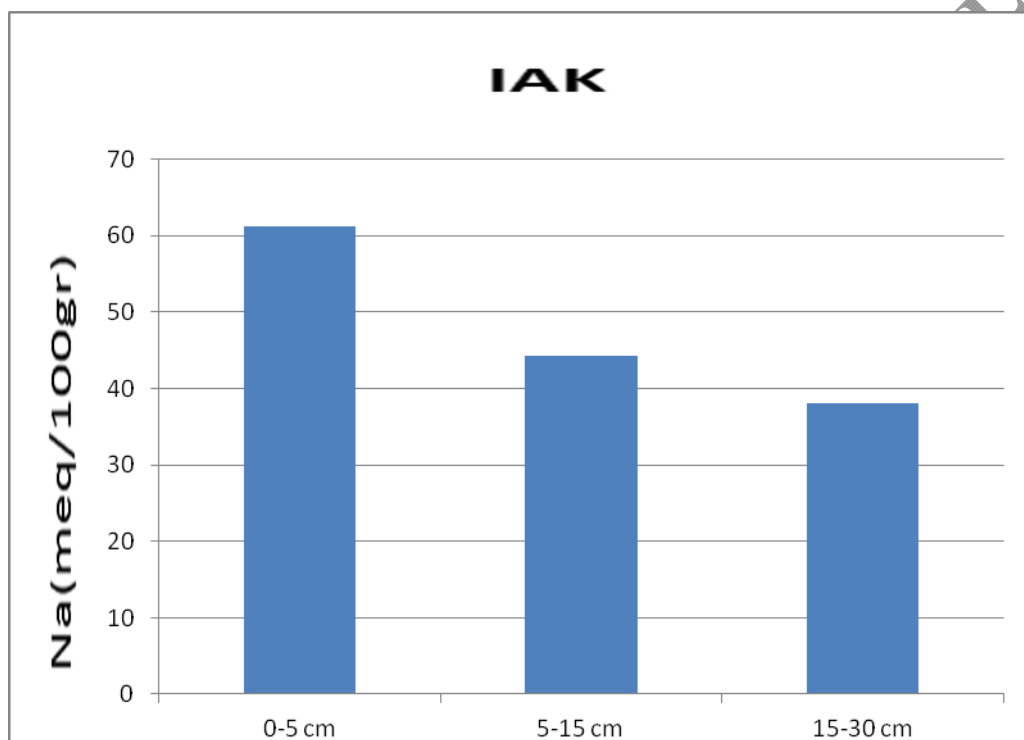
4.7 Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων

Τα αποτελέσματα των μέσων όρων και τα εύρη τιμών της Ικανότητας Ανταλλαγής Κατιόντων (I.A.K) με δείκτη κατιόν το νάτριο για τα εδάφη της Βιομηχανικής Περιοχής Ηρακλείου, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.7 Στατιστικές παράμετροι Ι.Α.Κ(Νατρίου)

Ανταλλάξιμα κατιόντα Na(meq/100gr)		
Βάθος	Εύρος τιμών	Μέσος όρος
0-5 cm	49,6-84,3	61,175
5-15 cm	14,6-75,5	44,27
15-30 cm	6,6-72,5	38

Από τα αποτελέσματα των μέσων όρων του πίνακα για τα τρία βάθη της περιοχής που εξετάζουμε, Προκύπτει ο χαρακτηρισμός της Ι.Α.Κ των εδαφών, με βάση την τιμή της, ως πολύ υψηλή αφού οι τιμές της είναι μεγαλύτερες από 30 meq/100gr (Τσαπικούνης,2004). Τα παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει την κατανομή του μέσου όρου της Ι.Α.Κ με το βάθος.

**Διάγραμμα 4.7** Κατανομή μέσου όρου ΙΑΚ στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων.

Η συγκέντρωση, σύμφωνα με το διάγραμμα, της Ι.Α.Κ παρουσιάζει την μέγιστη τιμή της στο επιφανειακό έδαφος και όσο αυξάνεται το βάθος δειγματοληψίας η τιμή αυτή μειώνεται. Αυτή η μείωση ίσως να οφείλεται στην μείωση της οργανικής ουσίας γιατί όπως αναφέρει ο Τσαπικούνης(2004) εδάφη με υψηλή οργανική ουσία εμφανίζουν και υψηλή Ι.Α.Κ.

4.8 Ανταλλάξιμα κατιόντα

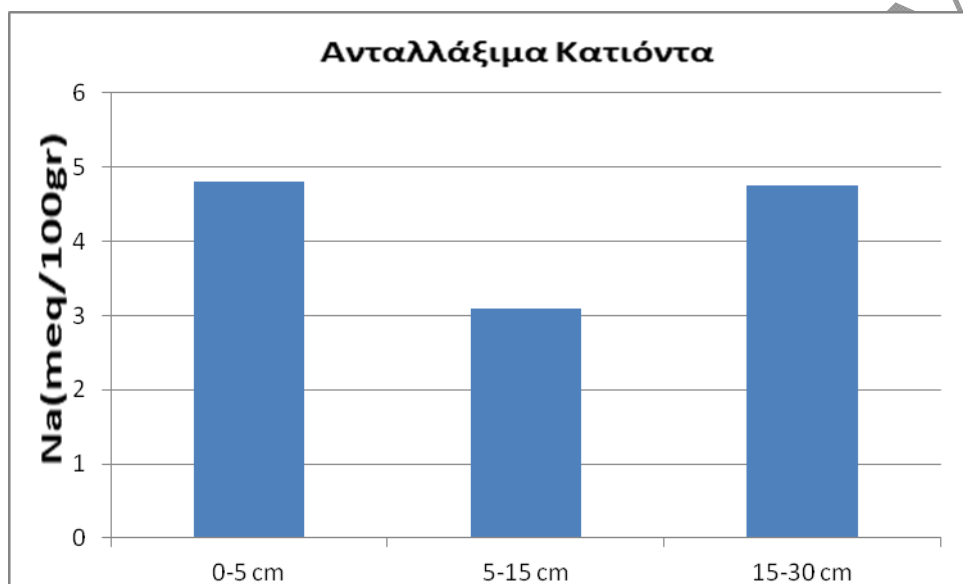
4.8.1 Ανταλλάξιμο Νάτριο

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι στατιστικοί παράμετροι του ανταλλάξιμου κατιόντος Νατρίου για τα τρία διαφορετικά βάθη στα εδάφη της βιομηχανικής περιοχής Ηρακλείου.

Πίνακας 4.8 Στατιστικές παράμετροι Ανταλλάξιμου. Νατρίου

Ανταλλάξιμα Κατιόντα Na(meq/100gr)		
Βάθη	Εύρος τιμών	Μέσος Όρος
0-5 cm	2,6-9,4	4,8
5-15 cm	1,6-6,3	3,1
15-30 cm	4,3-5,6	4,75

Από τα αποτελέσματα του πειράματος μας που παρουσιάζονται στον πίνακα 4,8 παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του ανταλλάξιμου κατιόντος Νατρίου είναι πολύ μεγαλύτερος από εκείνον που ορίζει η βιβλιογραφία καθώς η συγκέντρωση του ανταλλάξιμου κατιόντος Νατρίου θεωρείται καλή όταν κυμαίνεται από ίχνη έως 0,2 meq /100gr (Τσαπικούνης, 2004). Το διάγραμμα κατανομής του ανταλλάξιμου κατιόντος Νατρίου που ακολουθεί μας δείχνει τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα.

**Διάγραμμα 4.8** Κατανομή του μέσου όρου Α.Κ.Νατρίου στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων

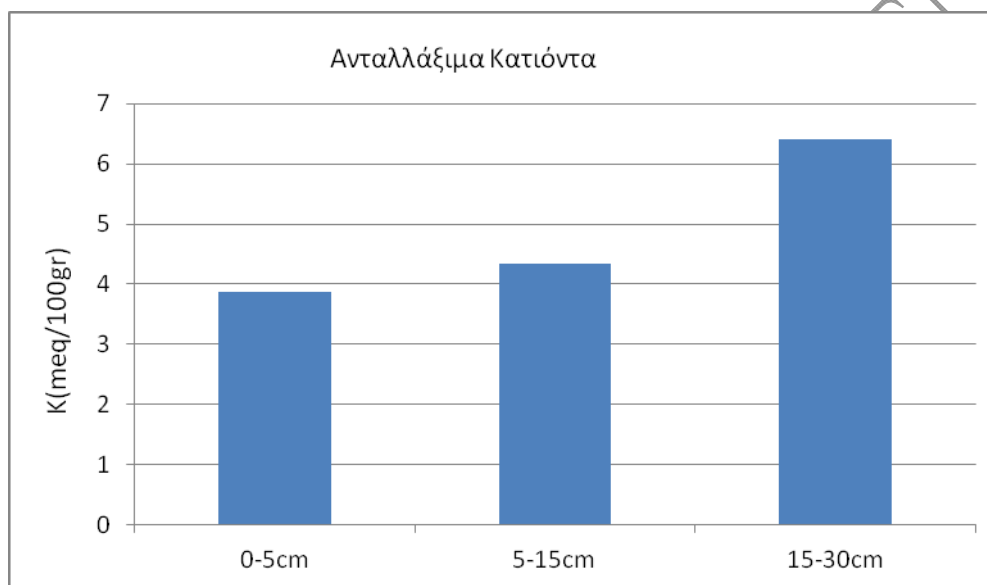
Απο το διάγραμμα παρατηρούμε ότι το Νάτριο στο επιφανειακό έδαφος έχει την υψηλότερη τιμή από ότι στα υπόλοιπα βάθη. Παρατηρούμε επίσης ότι στο βάθος 5-15 cm μειώνεται κάτι όμως που δεν συμβαίνει στο μεγαλύτερο βάθος 15-30 cm όπου συνεχίζει να αυξάνεται. Το ανταλλάξιμο κατιόν είναι υπεύθυνο για την διασπορά και καταστροφή των κολλοειδών της αργίλου (αλκαλιωμένα εδάφη) και η είσοδος του στο έδαφος γίνεται κυρίως με το νερό άρδευσης. Η μεγάλες τιμές του ίσως να οφείλονται στην κακής ποιότητας νερού (Τσαπικούνης, 2004).

4.9 Ανταλλάξιμο Κάλιο

Στον πίνακα 4.9 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και τα εύρη τιμών του ανταλλάξιμου Καλίου για το εδαφικό δείγμα της Βιομηχανικής περιοχής Ηρακλείου.

Πίνακας 4.9 Στατιστικές παράμετροι του Καλίου		
Ανταλλάξιμα Κατιόντα Καλίου (meq/100gr)		
Βάθη	Εύρος τιμών	Μέσος όρος
0-5cm	1,4-9,7	3,87
5-15cm	1,5-7,8	4,35
15-30cm	3,8-8,3	6,4

Με βάση τον μέσο όρο των τιμών του ανταλλάξιμου Καλίου και βάση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, όπου χαρακτηρίζει ως επαρκώς εφοδιασμένα σε κάλιο εδάφη εκείνα όπου η τιμή τους είναι μεγαλύτερη από 0,5meq/100gr, βλέπουμε ότι οι μέσοι όροι από τα δείγματα είναι πολύ πάνω από το κρίσιμο όριο άρα συμπεραίνουμε ότι τα εδάφη μας είναι επαρκή σε ανταλλάξιμο Κάλιο. (Τσαπικούνης, 2004)



Διάγραμμα 4.9 Κατανομή μέσου όρου Α.Κ. Καλίου στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων

Στο διάγραμμα 4.9 παρουσιάζονται διαγραμματικά οι μέσοι όροι συγκέντρωσης του Καλίου στα τρία βάθη. Μπορούμε έτσι να παρατηρήσουμε ότι στο μεγαλύτερο βάθος υπάρχει και μεγαλύτερη συγκέντρωση ενώ προς το επιφανειακό έδαφος η συγκέντρωση μειώνεται. Άρα η συγκέντρωση του Καλίου αυξάνεται με το βάθος. Μία πιθανή αιτία είναι ότι το κάλιο όπως και ο φώσφορος δεν εκπλύνονται εύκολα προς τα βαθύτερα στρώματα γιατί συγκρατούνται από το έδαφος (Τσαπικούνης, 2004).

4.10 Ανταλλάξιμο Ασβέστιο

Στον πίνακα 4.10 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και τα εύρη τιμών του Ανταλλάξιμου Κατιόντος ασβεστίου για τα εδαφικά δείγματα της βιομηχανικής περιοχής Ηρακλείου.

Πίνακας 4.10 Στατιστικές παράμετροι Α.Κ Ασβεστίου		
Α.Κ Ca (meq/100gr)		
Βάθη	Εύρος τιμών	Μέσος όρος
0-5cm	3,33-4,06	3,84
5-15 cm	3,76-4,12	3,88
15-30cm	3,79-4,26	3,99

Η συγκέντρωση του ασβεστίου στο έδαφος για να είναι επαρκής πρέπει να κυμαίνεται στα όρια από 10-15meq/100gr. Από τον πίνακα βλέπουμε ότι οι τιμές που αναγράφονται στον πίνακα είναι πολύ μικρότερες, Άρα στα εδάφη αυτά παρουσιάζονται ελλείψεις ασβεστίου.

Επίσης από το παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε αύξηση της συγκέντρωσης του ασβεστίου με την αύξηση του εδαφικού βάθους. Η μικρότερη συγκέντρωση στο επιφανειακό έδαφος πιθανόν να οφείλεται στην έκπλυση του με αποτέλεσμα την μετακίνηση του ασβεστίου στα βαθύτερα στρώματα. (Τσαπικούνης, 2004).

4.11 Ανταλλάξιμο Μαγνήσιο

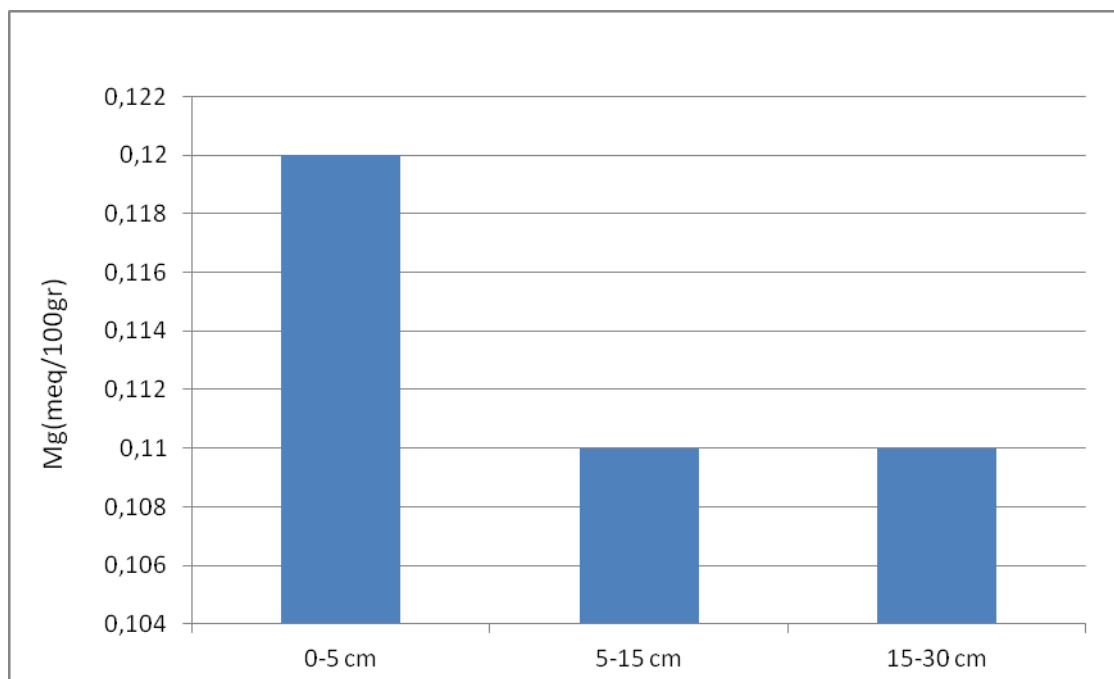
Ο πίνακας 4.11 που ακολουθεί μας παρουσιάζει τα αποτελέσματα του μέσου όρου και τα εύρη τιμών του Ανταλλάξιμου Κατιόντος Μαγνησίου που μετρήθηκαν στα εδάφη της ΒΙ.ΠΕ. Ηρακλείου.

Πίνακας 4.11 Στατιστικές παράμετροι Ανταλ. Μαγνησίου		
	A.K Mg(meq/100gr)	
Βάθη	Ευρος τιμών	Μέσος Όρος
0-5 cm	0,069-0,236	0,12
5-15 cm	0,049-0,278	0,11
15-30 cm	0,097-0,157	0,11

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι τα εδάφη στην ΒΙ.ΠΕ. Ηρακλείου, δεν έχουν επαρκή ποσοστό μαγνησίου μιας και οι τιμές τους κυμαίνονται σε επίπεδα κάτω από 3 meq/100gr που είναι και το όριο για να χαρακτηριστεί ένα έδαφος επαρκές σε μαγνήσιο.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η κατανομή του μέσου όρου του A.K Μαγνησίου σε σχέση με τα τρία αντίστοιχα βάθη.

Από το παραπάνω διάγραμμα είναι προφανές πως όσο το έδαφος αυξάνεται σε βάθος τόσο μειώνεται και το ποσοστό του Μαγνησίου. Καθώς επίσης βλέπουμε ότι στο επιφανειακό έδαφος συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό Μαγνησίου. Ένας λόγος για τον όποιον μπορεί να συμβαίνει αυτό είναι πως, όπως και στην οργανική ουσία, το επιφανειακό έδαφος είναι ο άμεσος αποδέκτης ζωικών και φυτικών υπολειμμάτων που παραμένουν στην επιφάνεια αρκετό καιρό μέχρι να πραγματοποιηθεί η ανοργανοποίηση της, το αντίστοιχο φαινόμενο παρατηρείται και με το Μαγνήσιο. (Σινάνης, 2003).



Διάγραμμα 4.11 Κατανομή μέσου όρου Α.Κ Μαγνησίου στα τρία βαθιά των εδαφικών δειγμάτων.

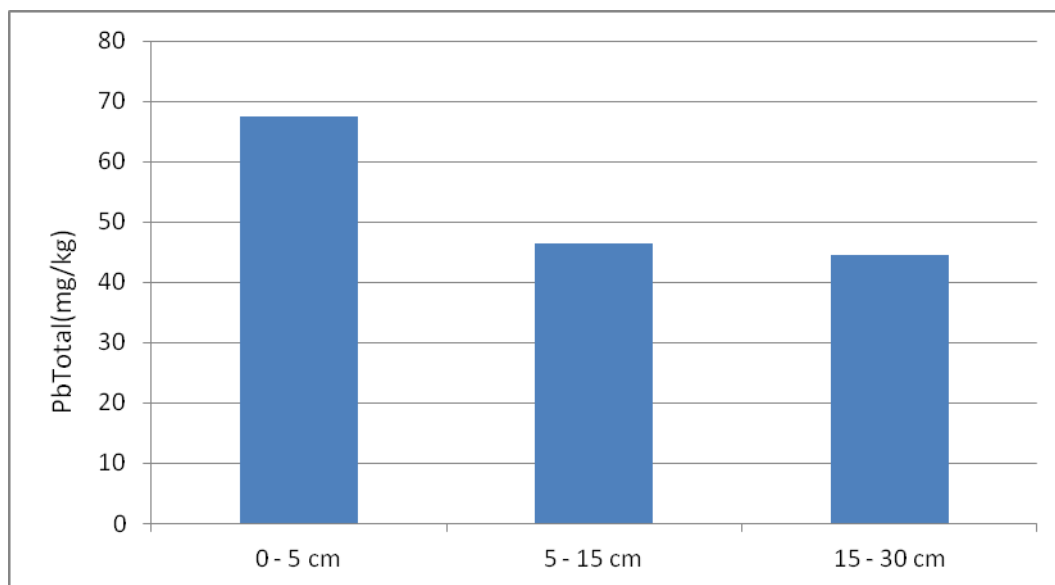
4.12 Ολικές μορφές βαρέων μετάλλων στο έδαφος

Στον πίνακα 4.12 που ακολουθεί παρουσιάζονται το εύρος τιμών και ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων των ολικών μορφών του Pb στα εδάφη της ΒΙ.ΠΕ. Ηρακλείου.

Πίνακας 4.12 Ολικές συγκεντρώσεις Pb στο έδαφος

Ολικές μορφές εδάφους	Pb(Total)mg/kg	
	Εύρος τιμών	Μέσος όρος
Βαθιά		
0 - 5 cm	33,9-145,45	67,58
5 - 15 cm	30,3-60,9	46,55
15- 30 cm	30,85-62,25	44,45

Οι ολικές συγκεντρώσεις του Pb είναι υψηλότερες σε σύγκριση με τις αναφερόμενες συγκεντρώσεις των Ελληνικών μη ρυπασμένων εδαφών. Για τα μη ρυπασμένα εδάφη οι τιμές του Pb κυμαίνονται από 4 mg/kg έως 19,2 mg/kg (Voutsas *et al.*, 1996). Άρα σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία το έδαφος μπορεί να χαρακτηριστεί ως ρυπασμένο από Μόλυβδο. Στο διάγραμμα 4.12 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο μέσος όρος των τιμών του μολύβδου σε σχέση με το βάθος. Παρατηρούμε με βάση αυτό το διάγραμμα ότι οι μέσες τιμές του μολύβδου μειώνονται σε σχέση με το βάθος.



Διάγραμμα 4.12 Κατανομή μέσων τιμών των ολικών συγκεντρώσεων μολύβδου σε σχέση με το βάθος.

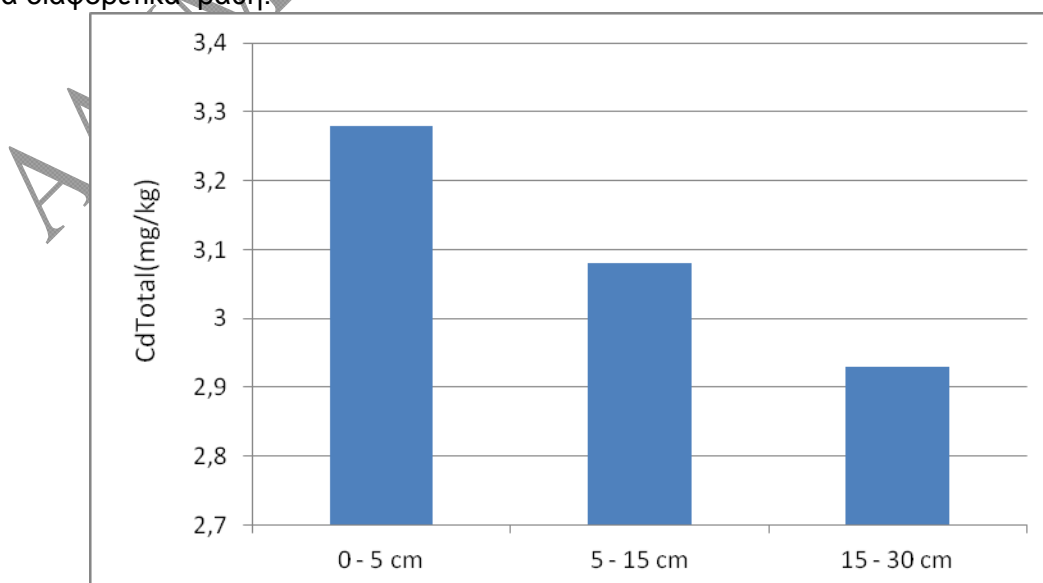
Στον πίνακα 4.13 που ακολουθεί παρουσιάζονται το εύρος τιμών και ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων των ολικών μορφών του Cd στα εδάφη της ΒΙ.ΠΕ. Ηρακλείου.

Πίνακας 4.13 Ολικές συγκεντρώσεις Cd στο έδαφος

Ολικές μορφές Cd(Total)mg/kg εδάφους		
Βάθη	Εύρος τιμών	Μέσος όρος
0 - 5 cm	2,4-4,45	3,28
5 - 15 cm	2,15-4,25	3,08
15- 30 cm	2,4-3,6	2,93

Τα όρια για τα μη ρυπασμένα ελληνικά εδάφη από Cd κυμαίνονται από 0,2 mg/kg έως 0,5 mg/kg (Voutsas et al., 1996). Η τιμή αυτή είναι πολύ χαμηλότερη από των μέσο όρο των τιμών που βρέθηκαν για τα εδάφη της ΒΙ.ΠΕ Ηρακλείου με αποτέλεσμα τα εδάφη αυτά να χαρακτηρίζονται ρυπασμένα από Cd.

Το διάγραμμα που ακολουθεί προκύπτει από τις μέσες τιμές του πίνακα 4.13 σε σχέση με τα τρία διαφορετικά βάθη.



Διάγραμμα 4.13 Κατανομή μέσων τιμών των ολικών συγκεντρώσεων Καδμίου σε σχέση με το βάθος.

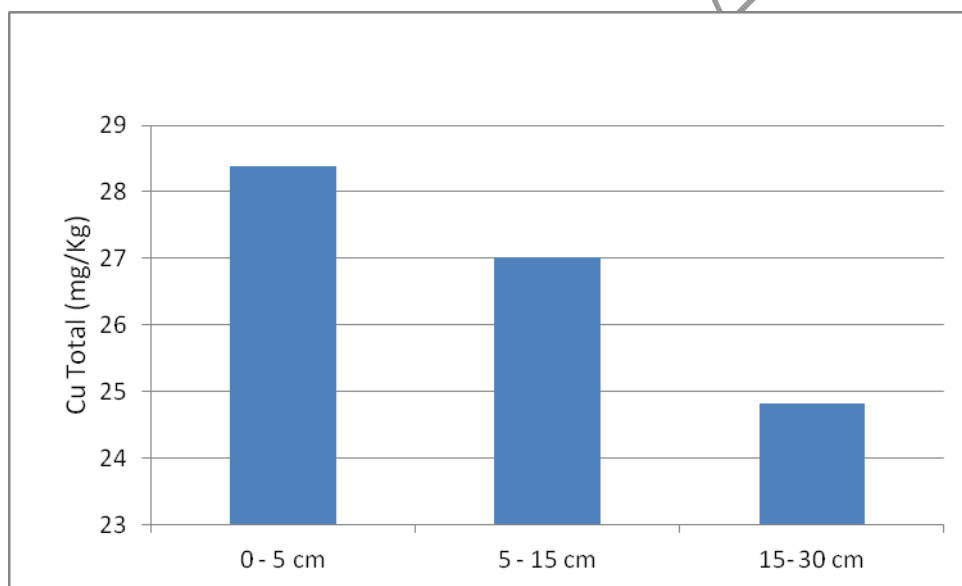
Με βάση το διάγραμμα παρατηρούμε την μείωση της συγκέντρωσης καδμίου σε σχέση με την αύξηση του βάθους. Σύμφωνα με την σύγκριση των ποσοστών μείωσης των ολικών συγκεντρώσεων του Pb και Cd με το βάθος φαίνεται ότι η μείωση της ολικής συγκέντρωσης του καδμίου είναι μικρότερη από ότι του μόλυβδου.

Πίνακας 4.14 Ολικές συγκεντρώσεις Cu στο έδαφος

Ολικές μορφές Cu(Total)mg/kg εδάφους		
Βάθη	Εύρος τιμών	Μέσος όρος
0 - 5 cm	22,55-41,8	28,38
5 - 15 cm	17,3-38,3	27,02
15- 30 cm	19,85-33,7	24,81

Τα όρια για τα μη ρυπασμένα ελληνικά εδάφη από Cu κυμαίνονται από 3,23- 14,5 mg/kg (Voutsas et al., 1996). Η τιμή αυτή είναι χαμηλότερη από των μέσο όρο των τιμών που βρέθηκαν για τα εδάφη της ΒΙ.ΠΕ Ηρακλείου με αποτέλεσμα τα εδάφη αυτά να χαρακτηρίζονται ρυπασμένα από Cu.

Το διάγραμμα που ακολουθεί προκύπτει από τις μέσες τιμές του πίνακα 4.14 σε σχέση με τα τρία διαφορετικά βάθη.



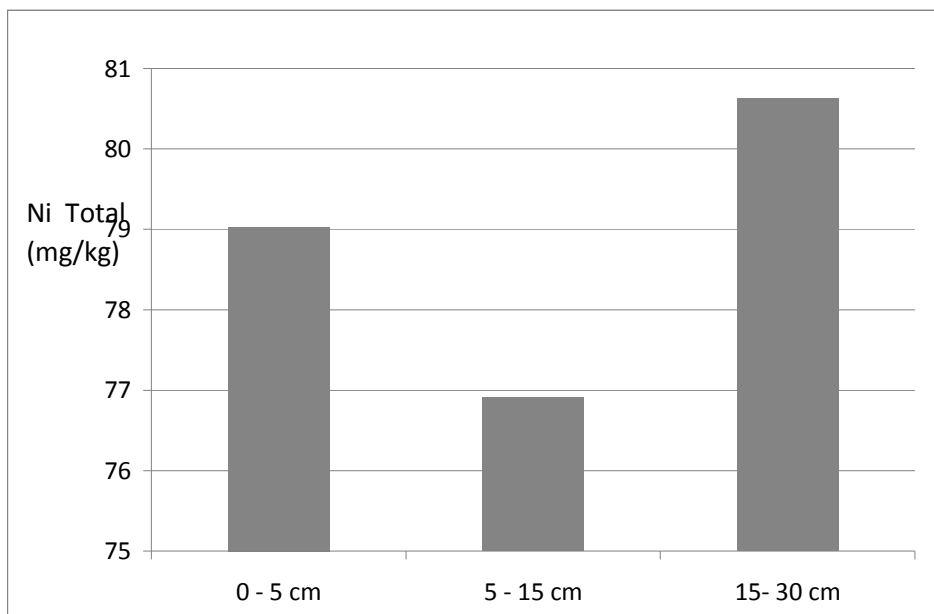
Διάγραμμα 4.14 Κατανομή μέσων τιμών των ολικών συγκεντρώσεων Χαλκού σε σχέση με το βάθος.

Με βάση το διάγραμμα παρατηρούμε την μείωση της συγκέντρωσης Χαλκού σε σχέση με την αύξηση του βάθους.

Πίνακας 4.15 Ολικές συγκεντρώσεις Ni στο έδαφος

Ολικές μορφές Ni(Total)mg/kg εδάφους		
Βάθη	Εύρος τιμών	Μέσος όρος
0 - 5 cm	40,65-110,7	79,03
5 - 15 cm	39,2-108,4	76,91
15- 30 cm	66,65-107,55	80,63

Το διάγραμμα που ακολουθεί προκύπτει από τις μέσες τιμές του πίνακα 4.15 σε σχέση με τα τρία διαφορετικά βάθη.



Διάγραμμα 4.15 Κατανομή μέσω τιμών των ολικών συγκεντρώσεων Νικελίου σε σχέση με το βάθος.

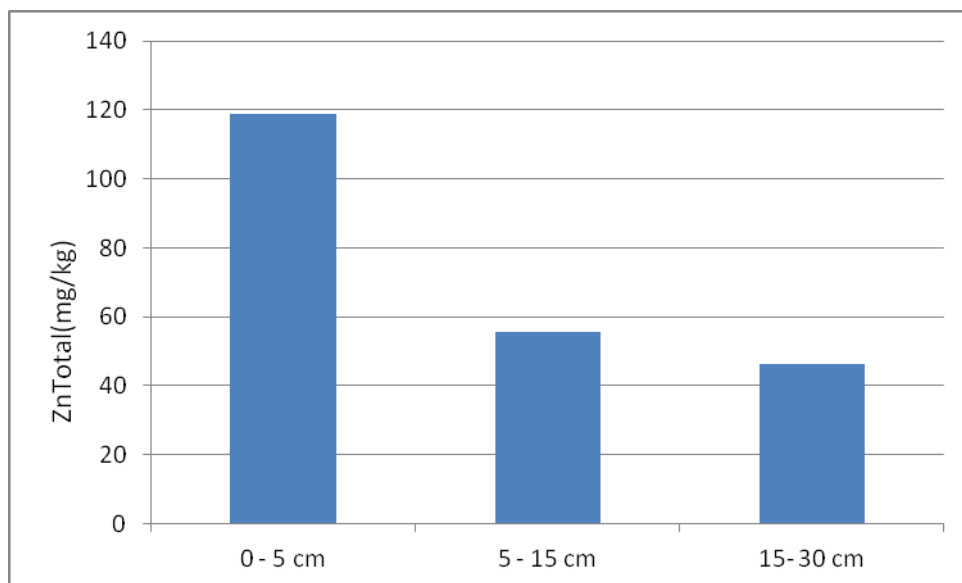
Με βάση το διάγραμμα δεν παρατηρούμε μείωση της συγκέντρωσης Νικελίου σε σχέση με την αύξηση του βάθους. Στο βάθος 15-30 cm η συγκέντρωση του στοιχείου είναι αρκετά υψηλότερη από τα 2 προηγούμενα βάθη.

Πίνακας 4.16 Ολικές συγκεντρώσεις Zn στο έδαφος

Ολικές μορφές Zn(Total)mg/kg εδάφους		
Βάθη	Εύρος τιμών	Μέσος όρος
0 - 5 cm	52,45-417	118,86
5 - 15 cm	39,3-80,4	55,52
15- 30 cm	50,85-39,6	46,37

Τα όρια για τα μη ρυπασμένα ελληνικά εδάφη από Zn κυμαίνονται από 3,23-15,8 mg/kg (Voutsas et al., 1996). Η τιμή αυτή είναι πολύ χαμηλότερη από τον μέσο όρο των τιμών που βρέθηκαν για τα εδάφη της ΒΙ.ΠΕ Ηρακλείου με αποτέλεσμα τα εδάφη αυτά να χαρακτηρίζονται ρυπασμένα από Zn.

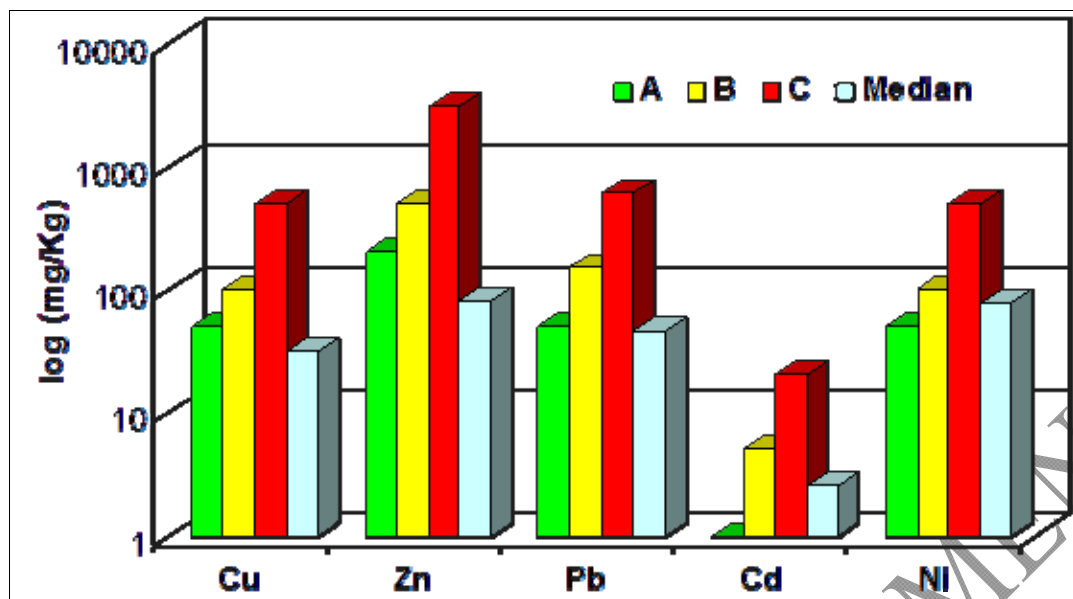
Το διάγραμμα που ακολουθεί προκύπτει από τις μέσες τιμές του πίνακα 4.16 σε σχέση με τα τρία διαφορετικά βάθη.



Διάγραμμα 4.16 Κατανομή μέσων τιμών των ολικών συγκεντρώσεων Ψευδαργύρου σε σχέση με το βάθος.

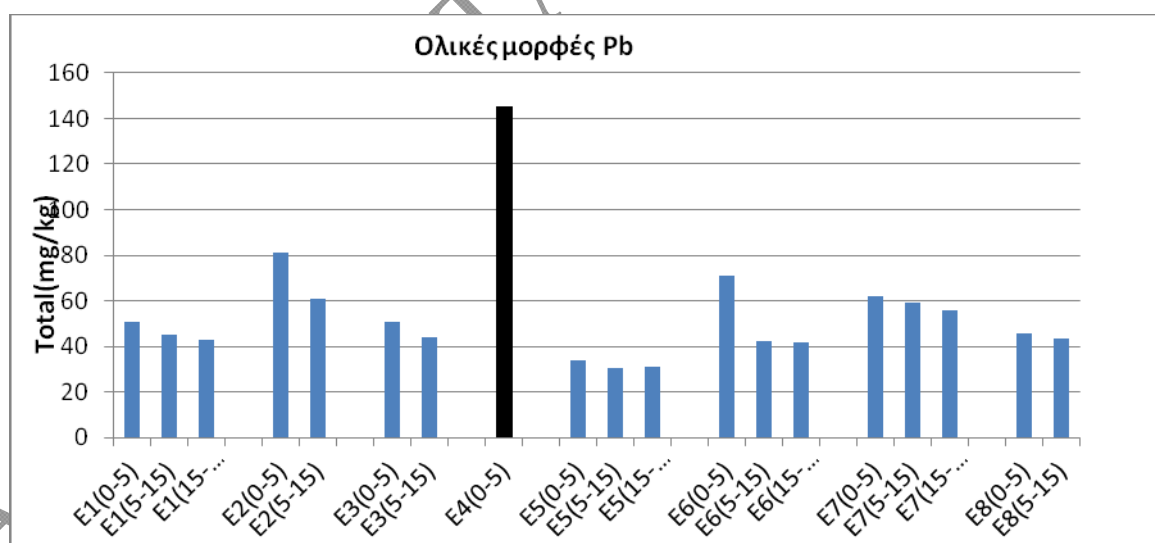
Με βάση το διάγραμμα παρατηρούμε την μείωση της συγκέντρωσης Ψευδαργύρου σε σχέση με την αύξηση του βάθους.

Οι ολικές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων βρέθηκαν υψηλότερες στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους κυρίως λόγω της ατμοσφαιρικής εναπόθεσης που οφείλεται στη βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής. Για να εκτιμηθούν τα επίπεδα ρύπανσης, οι ολικές συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων συγκρίθηκαν με αναγνωρισμένες τιμές για ρυπασμένα εδάφη και χρησιμοποιήθηκε το ολλανδικό σύστημα ταξινόμησης (Verner and Ramsey, 1996). Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνονται τα επίπεδα ρύπανσης των βαρέων μετάλλων σε σχέση με την συγκέντρωσή τους στα επιφανειακά δείγματα. Σύμφωνα με αυτό το σχήμα υπάρχουν τρία επίπεδα ταξινόμησης της ρύπανσης από τα βαρέα μέταλλα, τα επίπεδα "Α, Β και C". Οι συγκεντρώσεις μετάλλων κάτω από το "Α" επίπεδο δηλώνουν μη ρυπασμένα εδάφη. Οι συγκεντρώσεις πάνω από το "Β" θεωρούνται μετρίως ρυπασμένα εδάφη, ενώ τα εδάφη που ξεπερνούν το "C" επίπεδο είναι πολύ ρυπασμένα και απαιτούν αποκατάσταση. Οι μέσες τιμές των Cu, Pb και Zn στα επιφανειακά εδάφη της ΒΙΠΕ Ηρακλείου είναι χαμηλότερες από το επίπεδο "Α" συνεπώς τα εδάφη θεωρούνται μη ρυπασμένα από τα παραπάνω μέταλλα. Αντίθετα οι μέσες συγκεντρώσεις των Cd και Ni ξεπερνούν το επίπεδο "Α" αλλά είναι χαμηλότερες από το επίπεδο "Β" συνεπώς τα εδάφη θεωρούνται μετρίως ρυπασμένα από αυτά τα μέταλλα.



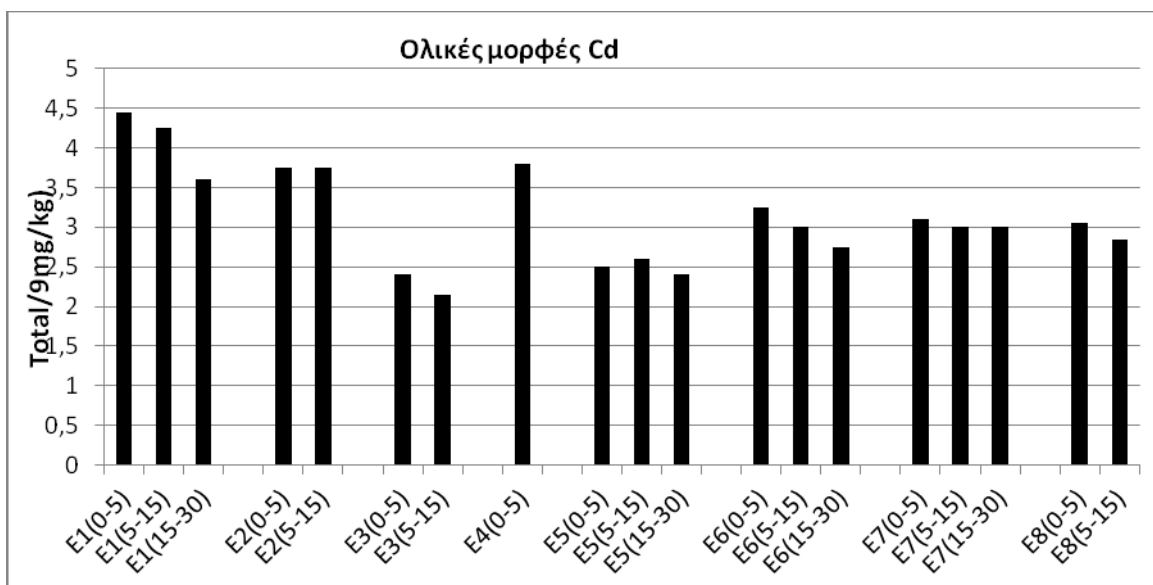
Διάγραμμα 4.17 Μέσες συγκεντρώσεις των Cu, Zn, Pd, Cd and Ni στα επιφανειακά εδάφη σε σύγκριση με το Ολλανδικό σύστημα ταξινόμησης.

Τα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζουν την κατανομή των μελετηθέντων μετάλλων ανά σημείο δειγματοληψίας για τρία βάθη και έχουν άμεση σχέση με την χωρική κατανομή της ρύπανσης των εδαφών της ΒΙ.ΠΕ Ηρακλείου. Επίσης οι ολικές συγκεντρώσεις των μελετηθέντων μετάλλων συγκρίνονται με τα επίπεδα ρύπανσης του Ολλανδικού συστήματος ταξινόμησης.



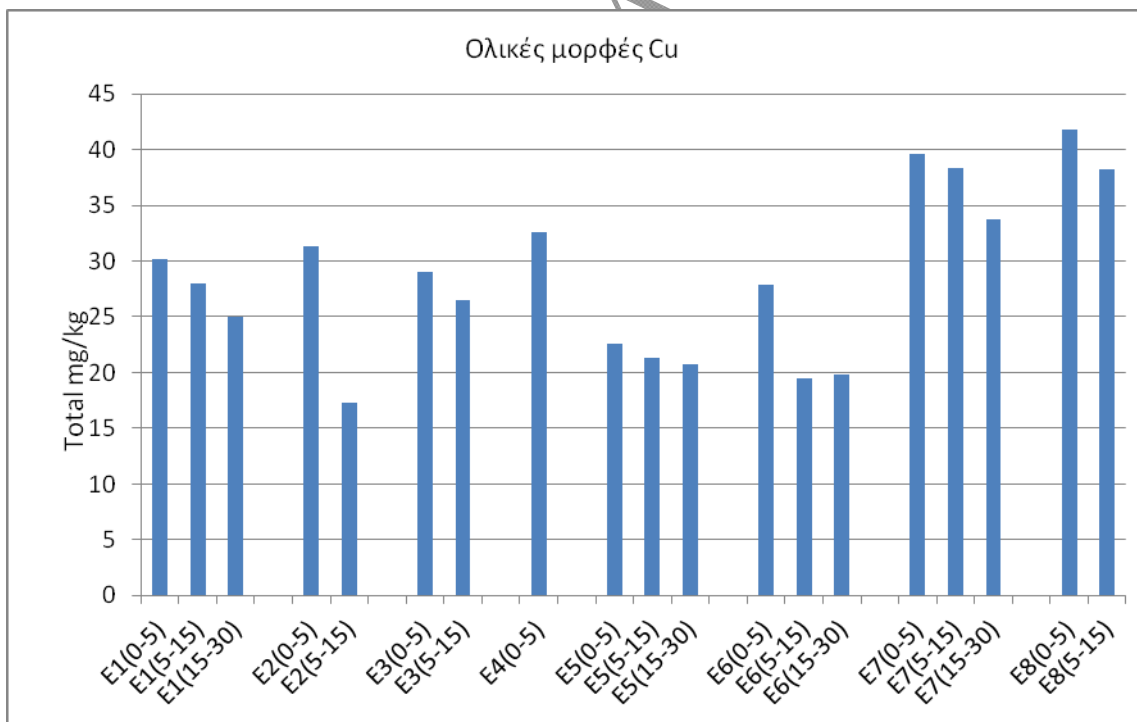
Διάγραμμα 4.18 Κατανομή ολικών μορφών Μόλυβδου ανά σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη

Με βάση το Ολλανδικό σύστημα ταξινόμησης για την ρύπανση του εδάφους από Μόλυβδο (Pb) έχει δημιουργηθεί και το παραπάνω διάγραμμα όπου το μαύρο χρώμα συμβολίζει το έδαφος το οποίο θεωρείται ρυπασμένο από Μόλυβδο και έχει ξεπεράσει το όριο των 85 mg/kg.



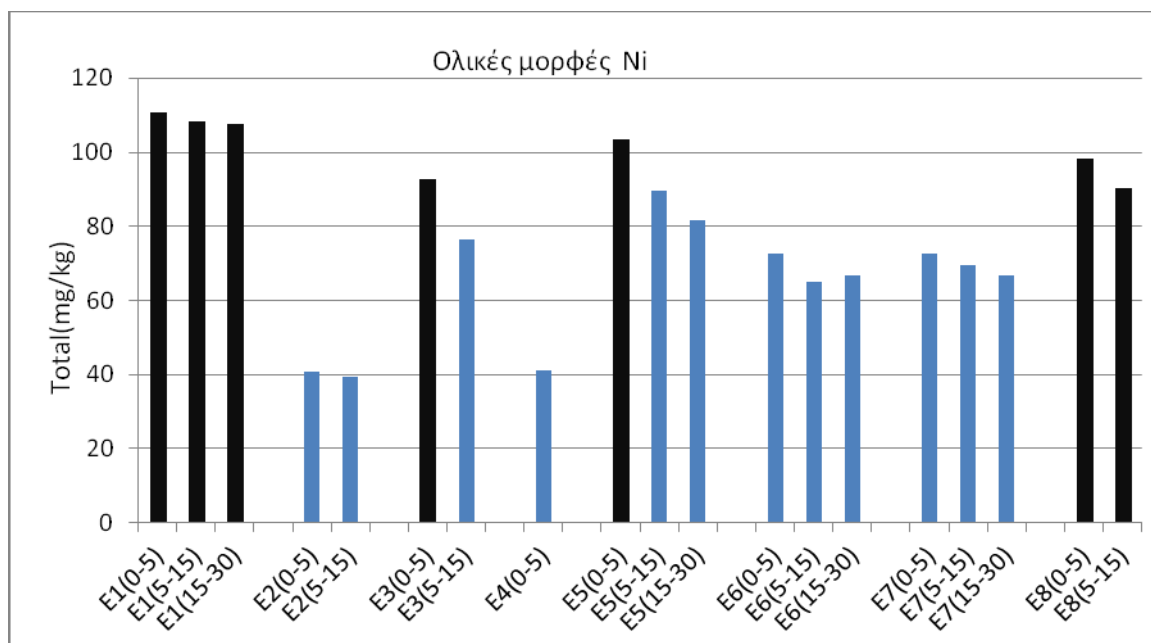
Διάγραμμα 4.19 Κατανομή ολικών μορφών Καδμίου ανά σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη

Με βάση την Ολλανδική λίστα ταξινόμησης για την ρύπανση του εδάφους από Κάδμιο (Cd) έχει δημιουργηθεί και το παραπάνω διάγραμμα όπου το μαύρο χρώμα συμβολίζει το έδαφος το οποίο θεωρείται ρυπασμένο με Κάδμιο και έχει ξεπεράσει το όριο των 1 mg/kg. Το έδαφος αυτό θεωρείται μεσαία ρυπασμένο από μόλυβδο, καθώς ξεπερνάει την τιμή στόχο αλλά δεν ξεπερνάει την τιμή παρέμβασης που είναι 12 mg/kg.



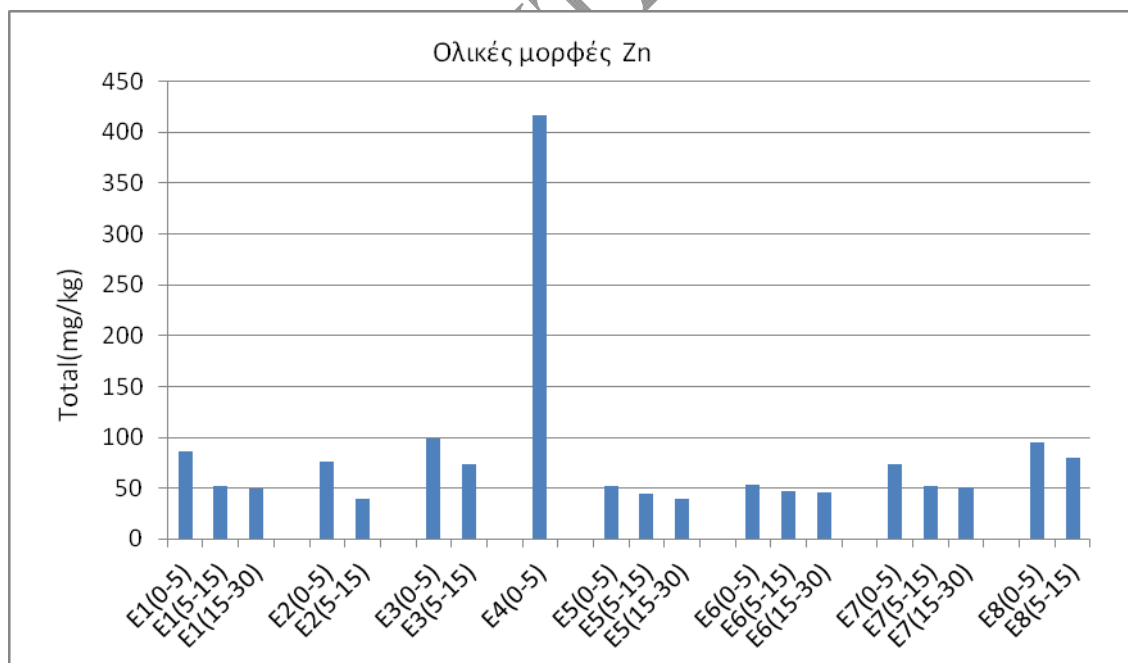
Διάγραμμα 4.20 Κατανομή ολικών μορφών Χαλκού ανά σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη

Με βάση την Ολλανδική λίστα ταξινόμησης για την ρύπανση του εδάφους από Χαλκό (Cu) έχει δημιουργηθεί και το παραπάνω διάγραμμα και κανένα έδαφος δεν έχει ξεπεράσει το όριο των 90 mg/kg.



Διάγραμμα 4.21 Κατανομή ολικών μορφών Νικελίου ανά σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη

Με βάση την Ολλανδική λίστα ταξινόμησης για την ρύπανση του εδάφους από Νικέλιο (Ni) έχει δημιουργηθεί και το παραπάνω διάγραμμα όπου το μαύρο χρώμα συμβολίζει το έδαφος το οποίο θεωρείται ρυπασμένο με Νικέλιο και έχει ξεπεράσει το όριο των 90 mg/kg. Το έδαφος αυτό θεωρείται ρυπασμένο από Νικέλιο, καθώς ξεπερνάει την τιμή στόχο αλλά δεν ξεπερνάει την τιμή παρέμβασης που είναι 500 mg/kg.



Διάγραμμα 4.22 Κατανομή ολικών μορφών Ψευδάργυρου ανά σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη

Με βάση την Ολλανδική λίστα ταξινόμησης για την ρύπανση του εδάφους από Ψευδάργυρο (Zn) κανένα έδαφος δεν έχει ξεπεράσει το όριο των 500 mg/kg.

4.13 Αφομοιώσιμες μορφές βαρέων μετάλλων

Η ρύπανση του εδάφους δεν εξαρτάται μόνο από τις ολικές μορφές βαρέων μετάλλων, αλλά εξαρτάται και από το ποσοστό των αφομοιώσιμων μορφών τους καθώς και την κινητικότητα τους, τα οποία εξαρτώνται από τη σύσταση και άλλες φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών (Imperato et al, 2003). Συνεπώς, οι αφομοιώσιμες μορφές είναι πολύ σημαντικές για την εκτίμηση της ρύπανσης του εδάφους και της φυτοτοξικότητας (Mench et al, 1994, Parafilippaki et al, 2008).

Ο προσδιορισμός της συνολικής συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων στο έδαφος μπορεί να είναι χρήσιμος ώστε να προβλεφθούν πιθανοί περιβαλλοντικοί κίνδυνοι από τα μέταλλα αυτά, αλλά δεν παρέχουν πάντα μια καλή ένδειξη του ποσοστού πρόσληψης των μετάλλων από τα φυτά. Η σοβαρότητα της ρύπανσης δεν εξαρτάται μόνο από την συνολική περιεκτικότητα του εδάφους σε βαρέα μέταλλα αλλά επίσης και από το ποσοστό της κινητικότητας τους και από την βιοδιαθέσιμη μορφή τους, τα οποία γενικά ελέγχονται από την υφή και από τις άλλες φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών. Κατά συνέπεια η διαθεσιμότητα των στοιχείων είναι πολύ σημαντική για την εκτίμηση της επίδρασης της ρύπανσης του εδάφους στην πρόσληψη των μετάλλων από τα φυτά (Parafilippaki et al, 2008).

Στον πίνακα 4.15 αναγράφονται το εύρος τιμών και οι μέσοι όροι της συγκέντρωσης του αφομοιώσιμου μόλυβδου καθώς και το ποσοστό βιοδιαθεσιμότητας δηλαδή η περιεκτικότητα των διαθέσιμων μορφών σαν ποσοστό της ολικής περιεκτικότητας του Pb για κάθε ένα από τα τρία βάθη.

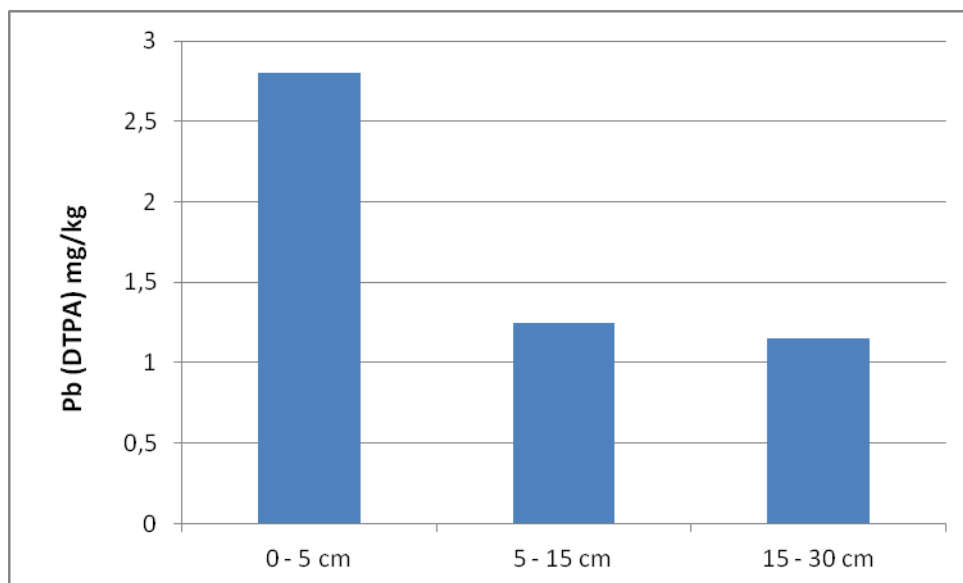
Πίνακας 4.17 Συγκεντρώσεις Αφομοιώσιμου Pb και %διαθεσιμότητα

Αφομοιώσιμες μορφές Pb (DTPA) mg/kg			
Βάθη	Εύρος τιμών	Μέσος όρος	% βιοδιαθεσιμότητα
0 - 5 cm	6,47 - 0,76	2,8	3,85
5 - 15 cm	0,62 - 3,14	1,25	2,55
15 - 30 cm	0,37 - 2,82	1,15	2,47

Σύμφωνα με τον Ulrich et al., τα μέταλλα είναι δυναμικά διαθέσιμα για την πρόσληψη από τα φυτά, εάν το ποσοστό βιοδιαθεσιμότητας είναι πάνω από 10%.

Από τον πίνακα 4.15 παρατηρούμε ότι το ποσοστό βιοδιαθεσιμότητας είναι κάτω από 10% σε όλες τις περιπτώσεις άρα δεν είναι δυνατό τα μέταλλα να προσληφθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις από τα φυτά.

Από το παρακάτω διάγραμμα 4.23 βλέπουμε την κατανομή του μέσου όρου του αφομοιώσιμου μόλυβδου στα τρία βάθη των εδαφών της ΒΙ.ΠΕ. Ηρακλείου.



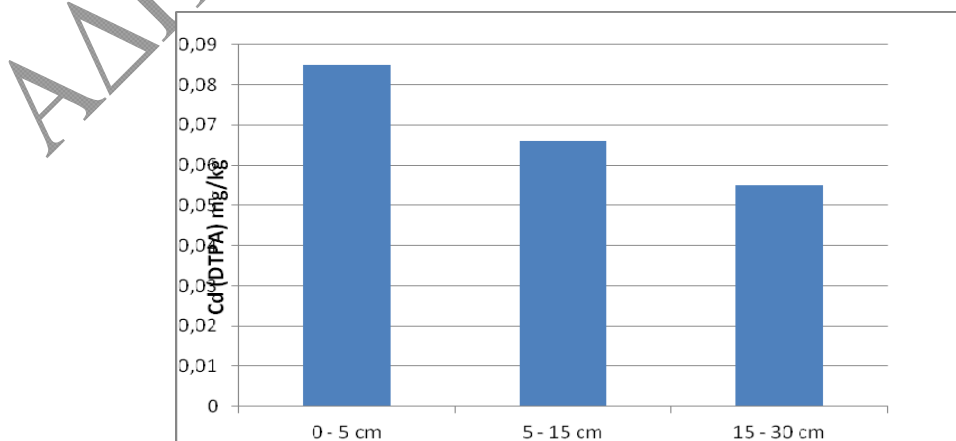
Διάγραμμα 4.23 Κατανομή μέσου όρου αφομοιώσιμου μολύβδου στα τρία βάθη εδάφους.

Η κατανομή του αφομοιώσιμου μολύβδου σύμφωνα με το διάγραμμα, παρουσιάζει μείωση όσο προχωράμε σε μεγαλύτερα βάθη. Αυτό οφείλεται στις βασικές τιμές του pH του εδάφους που λόγω της παρουσίας του ελεύθερου ανθρακικού ασβεστίου επηρεάζουν την βιοδιαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων επειδή οι υψηλές τιμές του pH αυξάνουν την προσροφητική ικανότητα των εδαφών. Ενώ η μείωση των τιμών του pH του εδάφους αυξάνει την βιοδιαθεσιμότητα και την κινητικότητα των μετάλλων (Parafilippaki et al, 2008). Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τον μέσο όρο συγκέντρωσης του αφομοιώσιμου καδμίου στα τρία εδαφικά βάθη των δειγμάτων της ΒΙ.ΠΕ. Ηρακλείου.

Πίνακας 4.18 Συγκεντρώσεις αφομοιώσιμου καδμίου και %διαθεσιμότητα

Αφομοιώσιμες μορφές Cd (DTPA) mg/kg			
Βάθη	Εύρος τιμών	Μέσος όρος	% βιοδιαθεσιμότητα
0 - 5 cm	0,053 - 0,128	0,085	2,72
5 - 15 cm	0,043 - 0,075	0,066	2,3
15 - 30 cm	0,035 - 0,075	0,055	1,99

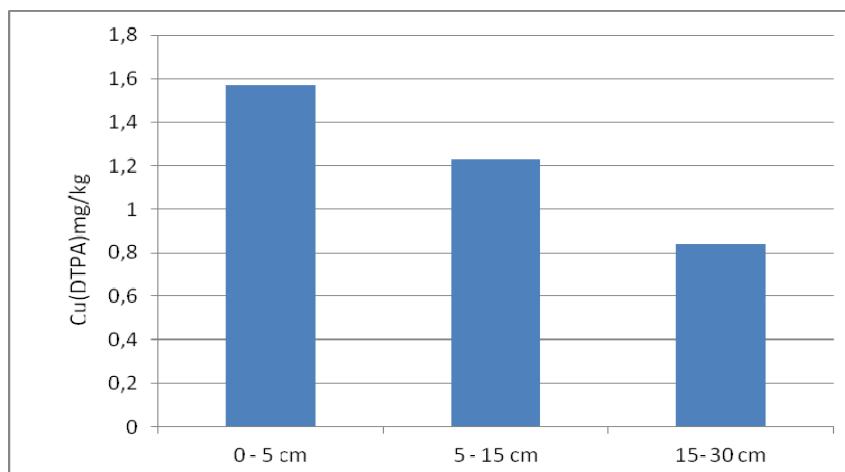
Το κάδμιο σύμφωνα με τον πίνακα 4.18 παρουσιάζει το ίδιο περίπου ποσοστό διαθεσιμότητας σε σχέση με τον μόλυβδο, η οποία μειώνεται σε σχέση με το βάθος. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις του καδμίου στα τρία βάθη.



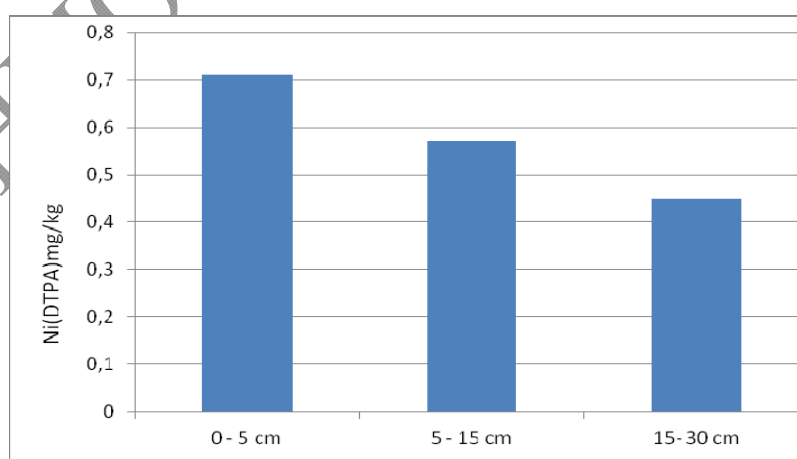
Διάγραμμα 4.24 Κατανομή μέσου όρου αφομοιώσιμου καδμίου στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων.

Πίνακας 4.19 Συγκεντρώσεις αφομοιώσιμου Χαλκού και %διαθεσιμότητα

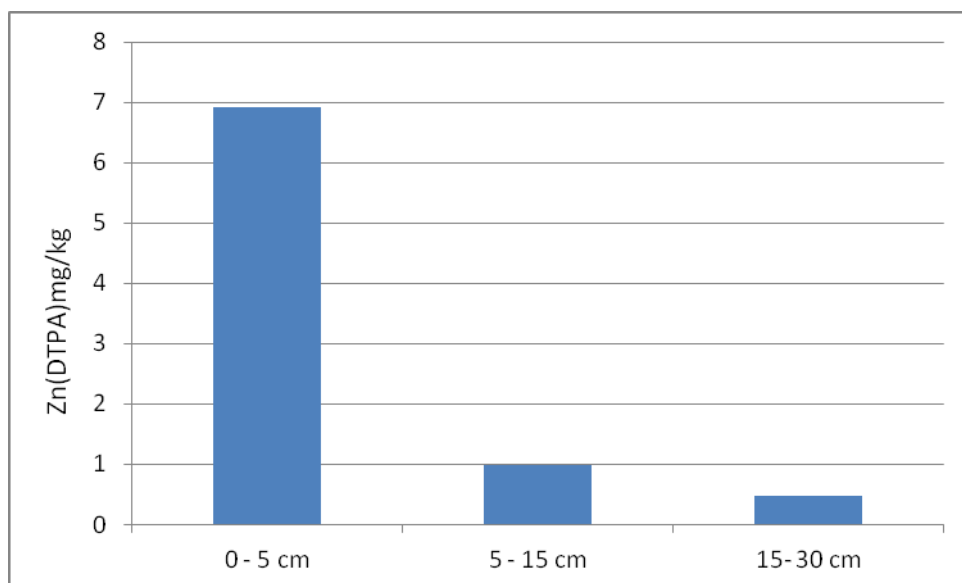
Αφομοιώσιμες μορφές Cu(DTPA) και % βιοδιαθεσιμότητα			
Βάθη	Εύρος	Μέσος Όρος	% βιοδιαθεσιμότητα
0 - 5 cm	0,71-3,18	1,57	5,65
5 - 15 cm	0,40-2,71	1,23	4,16
15- 30 cm	0,31-2,04	0,84	7,66

**Διάγραμμα 4.25** Κατανομή μέσου όρου αφομοιώσιμου Χαλκού στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων**Πίνακας 4.20** Συγκεντρώσεις αφομοιώσιμου Νικελίου και %διαθεσιμότητα

Αφομοιώσιμες μορφές Ni(DTPA) και % βιοδιαθεσιμότητα			
Βάθη	Εύρος	Μέσος Όρος	% βιοδιαθεσιμότητα
0 - 5 cm	0,44-0,97	0,71	0,96
5 - 15 cm	0,46-0,75	0,57	0,82
15- 30 cm	0,35-0,71	0,45	0,58

**Διάγραμμα 4.26** Κατανομή μέσου όρου αφομοιώσιμου Νικελίου στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων**Πίνακας 4.21** Συγκεντρώσεις αφομοιώσιμου Ψευδάργυρου και %διαθεσιμότητα

Αφομοιώσιμες μορφές Zn(DTPA) και % βιοδιαθεσιμότητα			
Βάθη	Εύρος	Μέσος Όρος	% βιοδιαθεσιμότητα
0 - 5 cm	0,75-32,08	6,92	4,52
5 - 15 cm	0,49-1,62	0,98	1,42
15- 30 cm	0,26-0,81	0,47	1



Διάγραμμα 4.27 Κατανομή μέσου όρου αφομοιώσιμου Ψευδάργυρου στα τρία βάθη των εδαφικών δειγμάτων

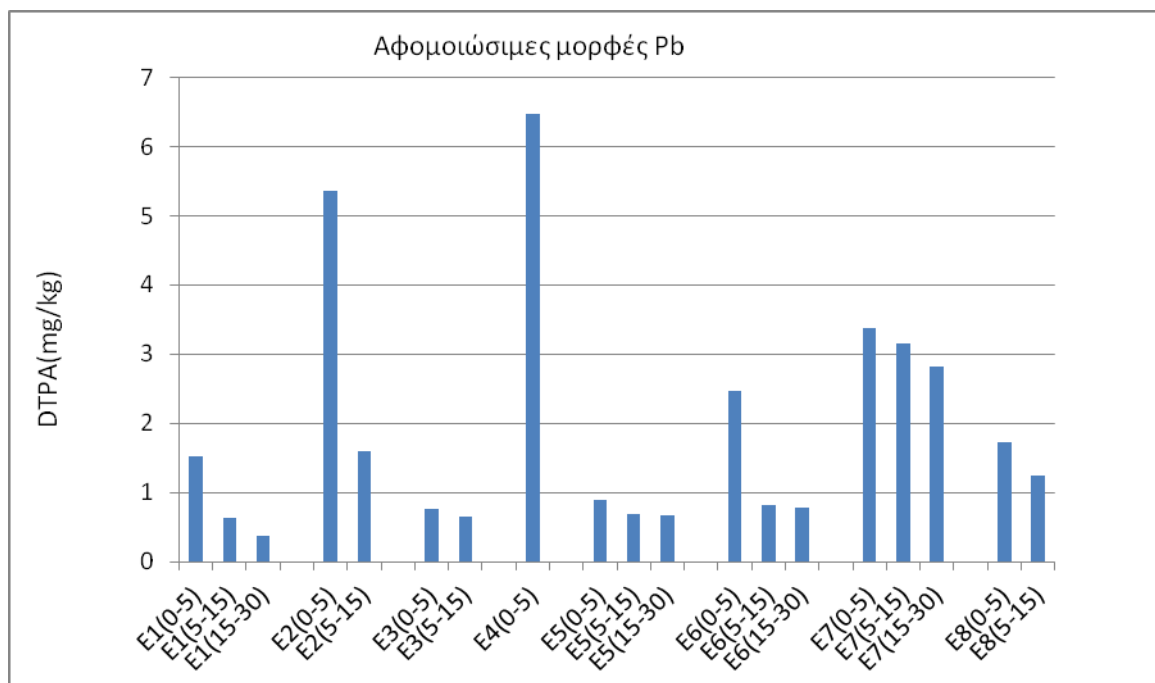
Η μείωση των διαθέσιμων μορφών των βαρέων μετάλλων, με την αύξηση του εδαφολογικού βάθους οφείλεται στη μείωση του ποσοστού της οργανικής ουσίας, στην αύξηση του ποσοστού ανθρακικού ασβεστίου και στην αύξηση των τιμών pH με το βάθος. Τα περισσότερα εδαφικά δείγματα στα μελετηθέντα επιφανειακά εδάφη έχουν διαθέσιμο κλάσμα μικρότερο του 10 % του ολικού, γεγονός που δείχνει τη μικρή διαθεσιμότητα των μετάλλων (Gasparatos *et al.*, 2001b). Η μικρή διαθεσιμότητα των παραπάνω μετάλλων πιθανών να οφείλεται στην υψηλή ικανότητα συνοχής των μελετηθέντων επιφανειακών εδαφών λόγω της ασβεστούχας φύσης τους και της υψηλής περιεκτικότητας τους σε ανθρακικά άλατα (κυρίως CaCO_3). Ακόμα το βασικό εδαφικό pH που οφείλεται στην παρουσία CaCO_3 επηρεάζει τη διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων διότι οι αυξημένες τιμές pH συνήθως αυξάνουν την ικανότητα προσρόφησης των εδαφών (Papadopoulos and Rowel, 1988). Επίσης η περιεκτικότητα και η ποιότητα της οργανικής ουσίας επηρεάζουν την κινητικότητα και τη διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων στα εδάφη (Mellor, 2001). Η οργανική ουσία σχηματίζει οργανομεταλλικά σύμπλοκα με τα βαρέα μέταλλα, τα οποία διαφέρουν όσο αφορά τη σταθερότητα τους. Κατά την αποδόμηση της οργανικής ουσίας, οι οργανικές μορφές των μετάλλων γίνονται διαθέσιμες για τα φυτά (Leita *et al.*, 1999).

Η σχετική βιοδιαθεσιμότητα και η συγκριτική κινητικότητα των βαρέων μετάλλων για τα επιφανειακά εδάφη ακολουθούσε τη σειρά του $\text{Cu} > \text{Zn} \approx \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Ni}$.

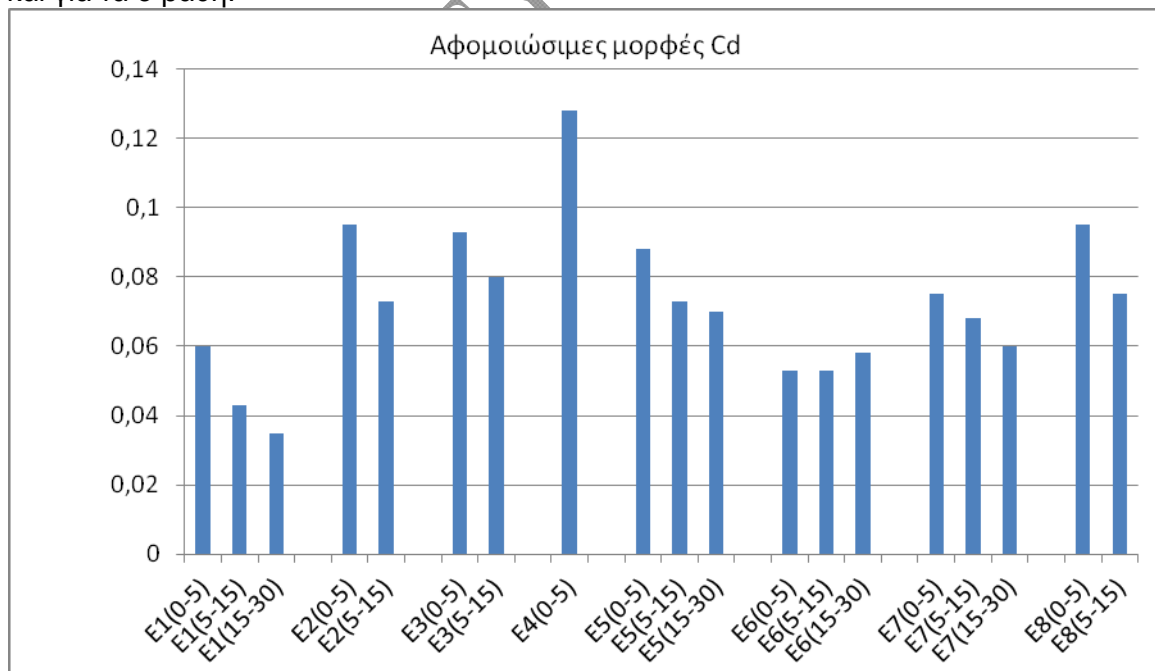
Η οργανική ουσία παίζει σημαντικό ρόλο στη διαθεσιμότητα και την κινητικότητα των βαρέων μετάλλων στα εδάφη. Η χουμοποιημένη οργανική ουσία εμπλέκεται στο σχηματισμό των διαλυτών συμπλοκών ειδικά με τον Cu, ο οποίος κατά τη διάρκεια της ανοργανοποίησης

της, γίνεται περισσότερο διαθέσιμος για τα φυτά [23]. Αυτό μπορεί να εξηγήσει την μεγαλύτερη διαθεσιμότητα του Cu στα εδάφη που μελετήθηκαν, σε σχέση με τα άλλα μέταλλα. Από την άλλη πλευρά το Νί είναι ένα στοιχείο που συγκρατείται έντονα στο έδαφος [24] σε συμφωνία με τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης.

Στα διαγράμματα 4.19 και 4.20 που ακολουθούν παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των αφομοιώσιμων μορφών του μολύβδου και του καδμίου ανά σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη.



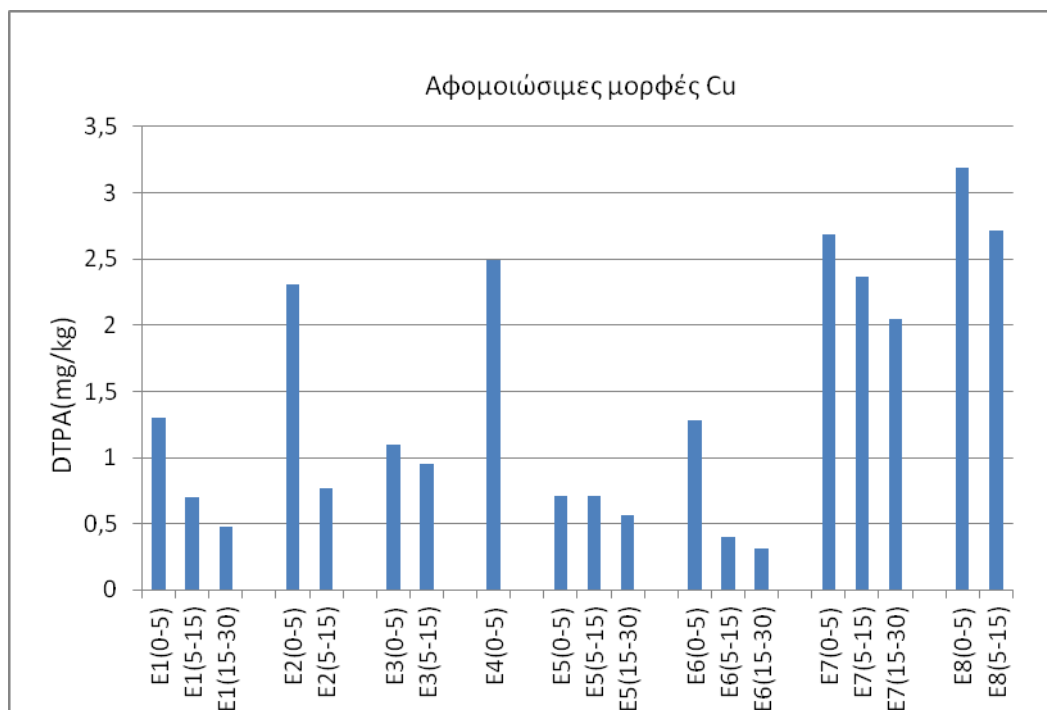
Διάγραμμα 4.28 Κατανομή αφομοιώσιμων μορφών μολύβδου ανα σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη.



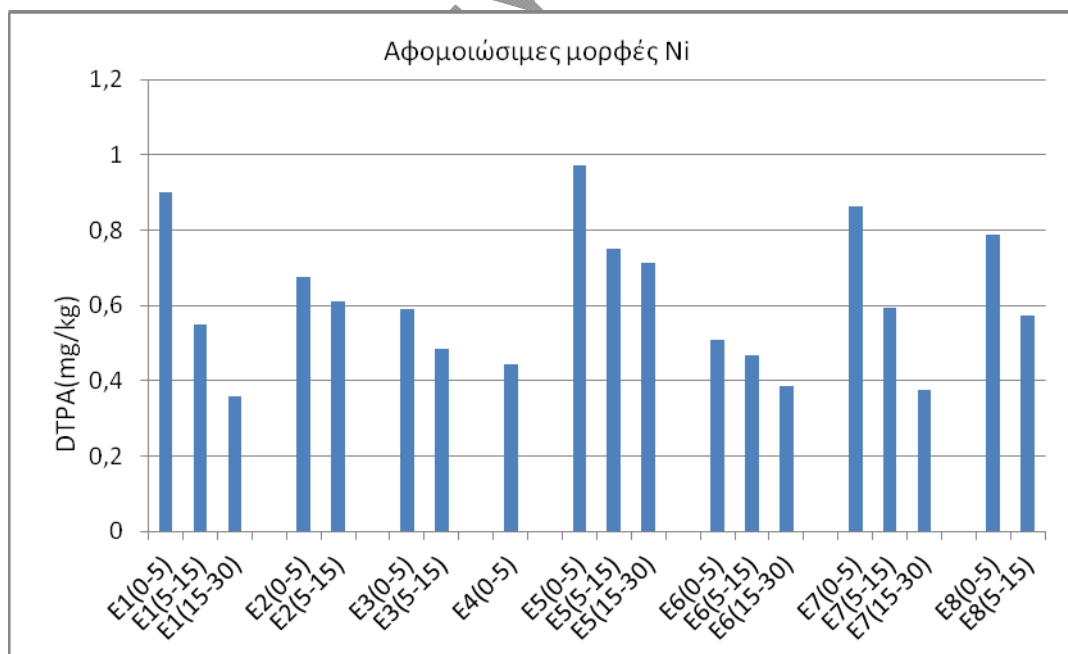
Διάγραμμα 4.29 Κατανομή αφομοιώσιμων μορφών καδμίου ανα σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη.

Σύμφωνα με τα διαγράμματα του αφομοιώσιμου μολύβδου και καδμίου, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των μετάλλων παρουσιάζονται στα επιφανειακά δείγματα της ΒΙ.ΠΕ.Ηρακλείου E₄(0-5) και E₂(0-5).

Πιθανόν να οφείλεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις μετάλλων λόγω της μεγάλης κυκλοφορίας οχημάτων και στο υψηλό ποσοστό της οργανικής ουσίας.



Διάγραμμα 4.30 Κατανομή αφομοίσιμων μορφών Χαλκού ανά σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη.



Διάγραμμα 4.31 Κατανομή αφομοίσιμων μορφών Νικέλιου ανα σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη.



Διάγραμμα 4.32 Κατανομή αφομοιώσιμων μορφών Ψευδάργυρου ανα σημείο δειγματοληψίας και για τα 3 βάθη.

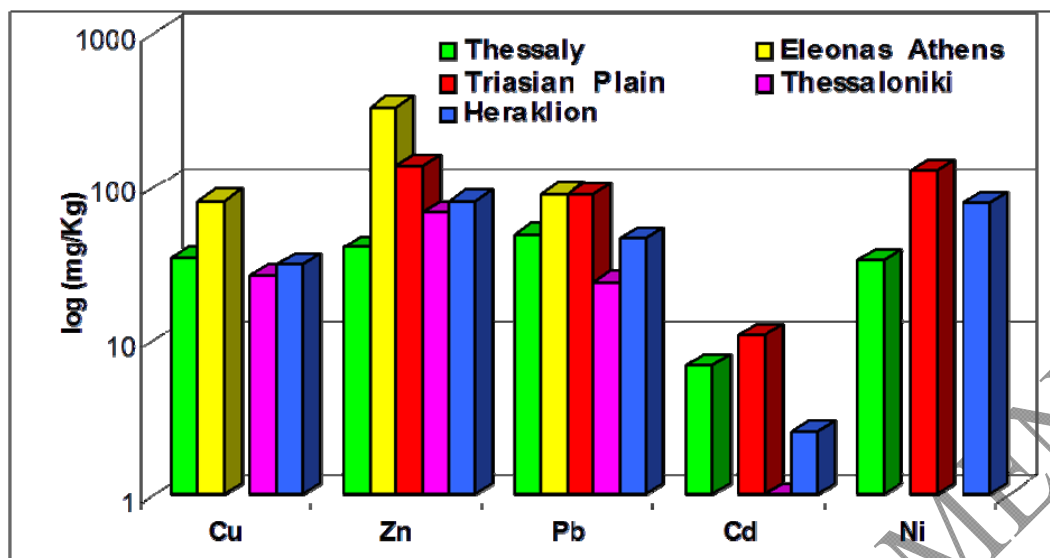
4.14 Σύγκριση των ολικών και αφομοιώσιμων μορφών βαρέων μετάλλων των επιφανειακών εδαφών της ΒΙΠΕ Ηρακλείου με άλλες βιομηχανικές περιοχές της Ελλάδας

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι ολικές μορφές των Cu, Zn, Pb, Cd και Ni σε διάφορες βιομηχανικές περιοχές της Ελλάδας ενώ στο παρακάτω διάγραμμα η σχηματική απεικόνιση τους σε σύγκριση με τις μέσες τιμές στα επιφανειακά εδάφη της ΒΙΠΕ Ηρακλείου.

Πίνακας 4.22 Ολικές συγκεντρώσεις μετάλλων (mg/Kg) σε διάφορες βιομηχανικές και αστικές περιοχές της Ελλάδας.

		Cu	Zn	Pb	Cd	Ni
Θεσσαλία^α	Εύρος τιμών	29.6 – 66.7	35.6 – 41.7	36.5 – 101.2	4.4 – 20.3	19.6 – 100.3
	Μέσος όρος	34.5	40.7	49.8	6.9	33.4
Ελεώνας Αθήνα^β	Εύρος τιμών	23.9 – 213.9	170 – 620	54 – 279		
	Μέσος όρος	84.87	342.30	112.11	–	–
	Διάμεσο	82	335	90.40		
Θριάσιο	Εύρος τιμών	–	52 – 594	14 – 595	3 – 30	52 – 321
Πεδίο^γ	Μέσος όρος		138	89	11	129
Θεσσαλονίκη^δ	Εύρος τιμών	19.7 – 39.5	36 – 124	15.5 – 37	0.16 – 0.26	–
	Διάμεσο	26.8	68.3	24.2	0.22	
Μη ρυπασμένα^δ	Εύρος τιμών	3.23 – 14.5	5.4 – 15.8	4.0 – 19.2	0.2 – 0.5	–

α: [4], β: [12], γ: [13], δ: [14]



Διάγραμμα 4.33 Μέσες συγκεντρώσεις των ολικών μορφών των Cu, Zn, Pb, Cd και Ni σε σύγκριση με άλλες βιομηχανικές περιοχές στην Ελλάδα.

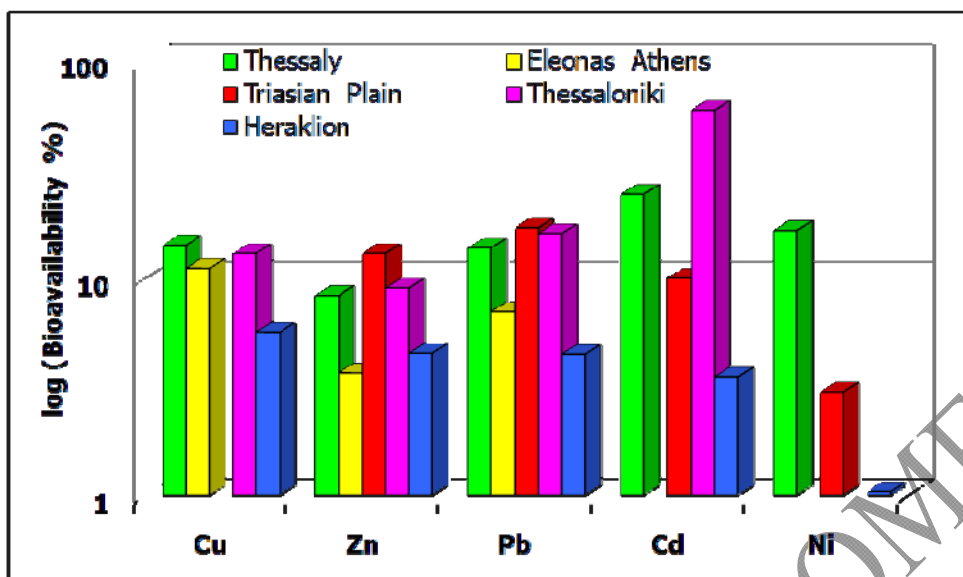
Οι ολικές συγκεντρώσεις των μετάλλων που μελετήθηκαν ήταν αυξημένες σε σύγκριση με βιβλιογραφικές αναφορές για μη ρυπασμένα ελληνικά εδάφη. Οι ολικές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην περιοχή μελέτης ήταν χαμηλότερες από αυτές που αναφέρονται για τις βιομηχανικές περιοχές της Αθήνας (Ελαιώνας) και Θριάσιου πεδίου και παρόμοιες με τις ολικές συγκεντρώσεις μετάλλων της βιομηχανικής περιοχής της Θεσσαλονίκης, με εξαίρεση το κάδμιο και τον μόλυβδο, ο οποίος είχε σημαντικά υψηλότερες τιμές ίσως λόγω της ρύπανσης από την ατμοσφαιρική εναπόθεση. Επίσης, οι ολικές συγκεντρώσεις του Cu και Pb στην περιοχή μελέτης είναι παρόμοιες με τις αντίστοιχες ολικές συγκεντρώσεις της βιομηχανικής περιοχής της Θεσσαλίας, αλλά οι ολικές συγκεντρώσεις του Zn και Ni ήταν δύο φορές υψηλότερες και του Cd ήταν περίπου 3 φορές μικρότερη από τις μέσες τιμές της βιομηχανικής περιοχής της Θεσσαλίας [4, 12, 13, 14].

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται οι βιοδιαθέσιμες μορφές των Cu, Zn, Pb, Cd και Ni καθώς και το ποσοστό βιοδιαθεσιμότητας τους σε διάφορες βιομηχανικές περιοχές της Ελλάδας ενώ στο παρακάτω διάγραμμα η σχηματική απεικόνιση τους σε σύγκριση με τις μέσες τιμές στα επιφανειακά εδάφη της ΒΙΠΕ Ηρακλείου.

Πίνακας 4.23 Βιοδιαθέσιμες μορφές μετάλλων και ποσοστό Βιοδιαθεσιμότητας (DTPA/Ολικές μορφές σε αναλογία %) σε διάφορες βιομηχανικές περιοχές της Ελλάδος.

		Cu	Zn	Pb	Cd	Ni
Θεσσαλία^α	Έυρος τιμών	2.8 – 6.1	3.1 – 4.9	3.5 – 7.9	1.1 – 2.6	4.5 – 6.8
	Μέσος όρος	4.9	3.4	6.9	1.68	5.5
	Έυρος τιμών	0.38 – 33	0.38 – 42.2	0.74 – 23.9		
Ελαιώνας Αθήνα^β	Μέσος όρος	10.67	14.38	8.31	-	-
	Διάμεσο % Βιοδ.	9.76	9.7	6.82		
	% Βιοδ.	11.10	3.65	7		
Θριάσιο πεδίο^γ	% Βιοδ.	-	13	17	10	3
Θεσσαλονίκη^δ	% Βιοδ.	13	9	16	59	-

α: [4], β: [12], γ: [13], δ: [14]



Διάγραμμα 4.34 Βιοδιαθεσιμότητα (%)Cu, Zn, Pb, Cd και Ni σε σύγκριση με άλλες βιομηχανικές περιοχές της Ελλάδας

Οι διαθέσιμες συγκεντρώσεις των μετάλλων που μελετήθηκαν βρέθηκαν χαμηλότερα από τις αναφερθείσες τιμές για τις βιομηχανικές περιοχές του Ελαιώνα (Αθήνα) και της Θεσσαλίας, με εξαίρεση τον ψευδάργυρο που βρέθηκε υψηλότερος στην περιοχή μελέτης σε σχέση με την βιομηχανική περιοχή της Θεσσαλίας. Επίσης, το ποσοστό βιοδιαθεσιμότητας των μετάλλων που μελετήθηκαν ήταν χαμηλότερο σε σύγκριση με τις άλλες βιομηχανικές περιοχές (Ελαιώνας, Θριάσιο Πεδίο και τη Θεσσαλονίκη). Στη βιομηχανική περιοχή του Ελαιώνα, ο χαλκός φάνηκε να είναι περισσότερο διαθέσιμος από τα άλλα μέταλλα και στη βιομηχανική περιοχή του Θριάσιου Πεδίου, το νικέλιο ήταν λιγότερο διαθέσιμο, σε συμφωνία με τα ευρήματα αυτής της μελέτης [4, 12, 13, 14].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μηχανική ανάλυση των εδαφών της βιομηχανικής περιοχής Ηρακλείου, παρατηρούμε ότι η υφή των εδαφών είναι κυρίως ιλυοαργιλώδης και πηλώδης. Τα εδάφη μας χαρακτηρίζονται ως μέσης και βαριάς σύστασης. Η περιοχή προκύπτει να έχει pH μέσο ως αλκαλικό όπως επίσης είναι και εδάφη με χαμηλά ποσοστά οργανικής ουσίας εκτός του επιφανειακού εδάφους που συγκεντρώνει ένα ικανοποιητικό ποσοστό εξαιτίας της συγκράτησης φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων είναι αρκετά υψηλή πιθανόν εξαιτίας του είδους των αργιλικών ορυκτών που βρίσκονται στην περιοχή.

Οι τιμές του ανταλλάξιμου νατρίου είναι υψηλές, γεγονός που δείχνει ότι τα εδάφη παρουσιάζουν πρόβλημα αλκαλίωσης. Οι τιμές του ανταλλάξιμου ασβεστίου είναι χαμηλές, που σημαίνει ότι τα εδάφη παρουσιάζουν έλλειψη ασβεστίου, ενώ οι τιμές του ανταλλάξιμου καλίου θεωρούνται επαρκείς και εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τη λιθολογική σύσταση των μητρικών πετρωμάτων και το βαθμό αποσάθρωσής τους. Οι τιμές του ανταλλάξιμου μαγνησίου είναι χαμηλές.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των μελετηθέντων επιφανειακών εδαφών χαρακτηρίζεται ως πολύ υψηλή κυρίως λόγω της παρουσίας των αλάτων στα εδάφη αυτά και ικανοποιητική για τα εδάφη των 5-20cm, ενώ ο φώσφορος βρίσκεται σε μέτρια επίπεδα επάρκειας για τα επιφανειακά εδάφη και είναι φτωχός για τα εδάφη των 5-20cm.

Οι ολικές συγκεντρώσεις μετάλλων (σύμφωνα με το ολλανδικό σύστημα ταξινόμησης) έδειξε ότι τα εδάφη της ΒΙΠΕ Ηρακλείου μπορούν να θεωρηθούν μη ρυπασμένα από Cu, Zn και Pb, και μετρίως ρυπασμένα με Cd και Ni. Ένας παράγοντας που μπορεί να επηρέασε τις αυξημένες αυτές τιμές των μετάλλων είναι ότι σε λιγότερο από 1km βρίσκεται ο αερολυμένος Ηρακλείου, και ίσως αυτό συνέβαλε στην ρύπανση του εδάφους από βαρέα μέταλλα.

Οι βιοδιαθέσιμες συγκεντρώσεις των μετάλλων που μελετήθηκαν ήταν χαμηλές πιθανόν λόγω του βασικού pH του εδάφους και της υψηλής περιεκτικότητας σε ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο. Η σχετική βιοδιαθεσιμότητα και η συγκριτική κινητικότητα των μελετηθέντων μετάλλων στα επιφανειακά εδάφη ακολούθησε τη σειρά του $Cu > Zn \approx Pb > Cd > Ni$. Σε γενικές γραμμές οι ολικές και βιοδιαθέσιμες συγκεντρώσεις των μετάλλων που μελετήθηκαν βρέθηκαν χαμηλότερες σε σύγκριση με άλλες βιομηχανικές περιοχές της Ελλάδας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Yoon J., X. Cao Q. Zhou and L.Q. Ma (2007) "Accumulation of Pb, Cu and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site", **Sci Total Environ**, Vol.368, pp. 456–464.
- Omar. A. and Al-Khashman (2004) "Heavy metal distribution in dust,street dust and soils from the work place in Karak Industrial Estate,Jordan", **Atmospheric Environment**, Vol. 38, pp. 6803–6812.
- Boularbah A., C. Schwartz, G. Bitton, W. Abouddrar, A. Ouhammou and J. L. Morel (2006) "Heavy metal contamination from mining sites in South Morocco: 2. Assessment of metal accumulation and toxicity in plants", **Chemosphere**, Vol. 63, pp. 811–817.
- Golia E.E., A. Dimirkou and I.K. Mitsios (2008) "Levels of Heavy Metals Pollution in Different Types of Soil of Central Greece", **Bull Environ Contam Toxicol**, article in press.
- Bouyoucos G.H. (1951) "A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils", **Agronomy Journal**, Vol. 43, pp. 434–438.
- Page A.L. (1982) "**Methods of soil analysis**", Part 2 (2nd ed). Madison, WI: American Society of Agronomics.
- Muller G. and M. Gatsner (1971) "Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte", **Chemical analysis**, Vol.10, pp. 466–469.
- Nelson D.W., and L.E. Sommers (1982) "**Total carbon, organic carbon and organic matter**", In A.L. Page, R.H. Miller, & D.R. Keeney (Eds.), **Methods of soil analysis**, Madison W1, USA: Soil Science Society of America.
- Gasparatos D. and C. Haidouti (2001) "A comparison of wet oxidation methods of total phosphorus in soils", **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Vol. 164, pp. 435-439.
- Lindsay W.L. and W.A. Norvell (1978) "Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper", **Soil Science Society of America Journal**, Vol. 42, pp. 421–428.
- Verner J.F. and M.H. Ramsey (1996) "Heavy metal contamination of soils around a Pb-Zn smelter in Bukowno, Poland", **Applied Geochemistry**, Vol. 11, pp. 1-16.
- Gasparatos D., D. Myloni, C. Haidouti and I. Massas (2001) "Heavy metal distribution in soils from eleonas area, Athens, Greece in relation to land use", **XXXI Annual ESNA Meeting**, Chania, Greece, pp. 46-51.
- Nakos, G. (1982) "Pollution of soil and vegetation in the Triasian Plain, Greece", **Plant and Soil**, Vol. 66, pp. 271-277.
- Voutsas, D., A. Grimani and C. Samara (1996) "Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter", **Environmental Pollution**, Vol. 94, pp.325-335.
- Gasparatos D., A.Papafilippaki, C. Haidouti and I. Massas (2001) "Evaluation of Pb Cu and Zn bioavailability in contaminated soils from an urban – industrial area in Greece", **XXXI Annual ESNA Meeting**, Chania, Greece, pp. 52 - 56.
- Imperatoa M., P. Adamob, D. Naimoa, M. Arienzob, D. Stanzionea and P. Violanteb (2003)

“Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy)”, **Environmental Pollution**, Vol. 124, pp. 247–256.

Mench, M., J.Vangronsveld, V. Didier and H.Clijster (1994) “Evaluation of metal mobility, plant availability and immobilization by chemical agents in a limed-silty soil”, **Environmental Pollution**, Vol. 86, pp. 279-286.

Papafilippaki A., D. Gasparatos, C. Haiduti and G. Stavroulakis (2007) “Total and bioavailable forms of Cu, Zn, Pb and Cr in agricultural soils: a study from the hydrological basin of Keritis, Chania, Greece”, **Global NEST Journal**, Vol. 9 No. 3, pp. 201 -206.

Ullrich S.M., M.H. Ramsey and E.Helios-Rybicka (1999) “Total and exchangeable concentrations of heavy metals in soils near Bytom, an area of Pb/Zn mining and smelting in Upper Silesia, Poland”, **Appl Geochem**, Vol. 14, pp.187-196.

Pichering, W.F. (1982) “Extraction of copper, lead, zinc and cadmium sorbed on calcium carbonate”, **Water Air Soil Pollut.**, Vol. 20, pp. 299-309.

Papadopoulos P. and D.L. Rowell (1988) “The reaction of cadmium with calcium carbonate surface”, **J Soil Sci.**, Vol. 39, pp. 23-26.

Adriano D.C. (1986) “**Trace Elements in the Terrestrial Environment**”, Springer - Verlag, New York.

Leita L., M. De Nobili, C.Mondini, G. Muhlbachova, L. Marchiol, C. Bragato and, M. Contin (1999) “Influence of inorganic and organic fertilization on soil microbial biomass, metabolic quotient and heavy metal bioavailability”, **Biol Fertil Soils**, Vol. 28, pp. 371-376.

Andreu V. and G.E. Garcia (1999) “Evolution of heavy metals in marsh areas under rice farming”, **Environmental Pollution**, Vol. 104, pp. 271- 282.

<http://emeric.ims.forth.gr/#cre4> (ite)
http://www.aqualex.org/elearning/marine_environment/greek/chap5/categories.html
<http://www.lenntech.com/processes/heavy/heavy-metals/heavy-metals.htm>

Βαλαβανίδης Αθ., (2007) Οικοτοξικολογία και περιβαλλοντική τοξικολογία, Τμήμα χημείας, πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα

Μαμάης Δ. (1998) «ΥΔΑΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

Σφακιαννάκη, Κ.Μαγαλιού, Ι.Μπότσαρης, «Έδαφος, Διάβρωση-Ερημοποίηση-Ρύπανση»

<http://www.maknea.gr>

<http://www.lenntech.com/heavy-metals.htm>

http://13gym-perist.att.sch.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=57:2012-06-02-22-15-03&catid=3:2011-04-16-10-28-23&Itemid=7